

GESTIÓN DE LOS OCEÁNOS:

algunas lecciones aprendidas en experiencias tropicales



EDITORES
Carlos Morera Beita
Viviana Salgado Silva



UNA
UNIVERSIDAD
NACIONAL
COSTA RICA

GESTIÓN DE LOS OCÉANOS:

algunas lecciones aprendidas
en experiencias tropicales

**Edición aprobada
por el Consejo Editorial de la Universidad Nacional**

Dra. Iliana Araya Ramírez
PRESIDENTA

Dr. Marco Vinicio Méndez Coto
SECRETARIO

Consejales
Ing. Érick Álvarez Ramírez
DIRECTOR DEL PROGRAMA DE PUBLICACIONES E IMPRESIONES

Dr. Gabriel Baltodano Román
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

Dr. Jorge Herrera Murillo
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Bach. Natalie Segura Murillo
REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

Mag. Patricia Vásquez Hernández
SECCIÓN HUETAR NORTE Y CARIBE

Editores
Carlos Morera Beita
Viviana Salgado Silva



GESTIÓN DE LOS OCÉANOS:

algunas lecciones aprendidas
en experiencias tropicales





© EUNA Editorial Universidad Nacional
Heredia, Campus Omar Dengo, Costa Rica
Teléfono: +506 2562 6750
Correo electrónico: euna@una.cr
Apartado postal: 86-3000 (Heredia, Costa Rica)
La Editorial Universidad Nacional (EUNA) es miembro del
Sistema Editorial Universitario Centroamericano (SEDUCA)

© Gestión de los océanos: algunas lecciones aprendidas en experiencias tropicales
© Carlos Morera Beita y Viviana Salgado Silva (Editores)

Primera edición: 2025

Dirección editorial: Marianela Camacho Alfaro - marianela.camacho.alfaro@una.cr /

Valeria Alfaro Vargas - valeria.alfaro.vargas@una.cr

Diseño de portada: Programa de Publicaciones e Impresiones de la UNA

551.46
G393g

Gestión de los océanos : algunas lecciones aprendidas en experiencias tropicales / editores Carlos Morera Beita, Viviana Salgado Silva. -- Primera edición. -- Heredia, Costa Rica : EUNA, 2025.

1 recurso en línea (246 páginas) : ilustraciones a color, archivo de texto, PDF, 2 MB

ISBN 978-9977-65-910-7

1. OCEANOGRAFÍA 2. PESCA ARTESANAL 3. PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO (COSTA RICA) 4. CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD MARINA 5. SOSTENIBILIDAD 6. RECURSOS MARINOS 7. DERECHO DEL MAR I. Morera Beita, Carlos II. Salgado Silva, Viviana

Esta publicación es objeto de una licencia Creative Commons que no autoriza el uso comercial:

Atribución-NoComercial-NoDerivadas

CC BY-NC-ND 4.0





Índice general

Índice de cuadros y figuras	11
Presentación, Jorge Herrera Murillo	15
Parte I. Gobernanza y derecho	19
Derecho del mar: una legislación urgente para su consolidación <i>Carlos Murillo Zamora</i>	21
Retos de la delimitación y ampliación de áreas marinas: el caso del Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica <i>Rafael Gutiérrez Rojas</i>	35
Pesca de pequeña escala y conservación marina hacia un enfoque de derechos humanos y el cumplimiento de los compromisos internacionales <i>Marvin Fonseca Borrás, Vivienne Solís Rivera</i>	51
Vulnerabilidad social costera e institucionalidad costarricense: evidencias para la mejora en la capacidad de agencia estatal y local <i>Mario Hernández Villalobos</i>	69

Parte II. Identidad y océanos	81
Mujeres y pesca: una lectura local de la identidad, la subsistencia y el cambio climático <i>Carlos Morera Beita, Sueli Angelo Furla, Sandro Vieira Vox</i>	83
Poetizando el océano: una experiencia artística en el LED <i>Paula Rojas Amador, Andrea Chacón Rodríguez</i> <i>Malkon Alfaro Carvajal, Wilfredo Alexis Bustamante Rodríguez</i>	97
Parte III. Monitoreo y medición	113
Cocreación de conocimiento y de herramientas para la preparación ante tsunamis <i>Silvia Chacón Barrantes, Fabio Rivera Cerdas</i> <i>Kristel Espinoza Hernández, Pedro Sandoval Alvarado</i>	115
Contribuciones del monitoreo de la dinámica costera en el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo de desastres: el caso del Caribe de Costa Rica <i>Gustavo Barrantes Castillo, Daniela Campos Duran</i>	127
Uso de la sismología como herramienta para el monitoreo de la dinámica oceánica y el cambio climático <i>Esteban J. Chaves, Evelyn Nuñez-Alpízar</i> <i>Nahomy Campos-Salas, Sonia Hajaji-Salgado</i>	141
Oceanografía física al servicio de la toma de decisiones informadas <i>José Mauro Vargas Hernández, Marcelo Salas Cascante</i> <i>Juan Pablo Salazar Ceciliano, Alexandre Tisseaux Navarro</i>	157

Parte IV. Salud y productividad	171
La pesca responsable: una contribución para mejorar la calidad de vida de los habitantes en zonas costeras de Costa Rica <i>Luis Adrián Hernández Noguera, Rosa Soto Rojas, Nixon Lara-Quesada</i>	173
Monitoreo biológico costero en Costa Rica: estudio de caso sobre floraciones algales nocivas <i>Karen Berrocal Artavia, Amaru Márquez Artavia Natalia Corrales Gómez, Luis Vega Corrales Andrea García Rojas, Carolina Marín Vindas</i>	189
Domo Térmico del Pacífico Tropical Oriental: importancia y desafíos de la economía azul <i>Daniela García Sánchez, Olman Segura Bonilla, Roxana Acuña Rodríguez</i>	201
Parte V. Capítulo final	219
Los océanos son una responsabilidad colectiva <i>Carlos Morera Beita, Viviana Salgado Silva, Sandra León Coto</i>	221
Sobre los autores y autoras	229



Índice de cuadros y figuras

Figura 2.1. Propuesta de Ampliación Parque Nacional Isla del Coco y Área Marina de Manejo Montes Submarinos del Bicentenario y sitios prioritarios de conservación	46
Figura 3.1. Un complejo panorama internacional, con escasas oportunidades a los representantes de pesca de pequeña escala	54
Cuadro 4.1. Criterios para determinar el grado de vulnerabilidad según variable y datos disponibles por distrito, Costa Rica	73
Figura 4.1. Distribución porcentual de la clasificación de la vulnerabilidad de los distritos costeros, Costa Rica	74
Figura 4.2. Mapa de distribución geográfica de los distritos costeros costarricenses, según su clasificación de vulnerabilidad	75
Cuadro 5.1. Información básica de las mujeres entrevistadas	85
Figura 5.1. Doña Perla y Doña Neyba. Barra del Colorado, Costa Rica	90
Figura 5.2. Doña Laurinda, Sao Paulo (2019)	92

Figura 6.1. Conceptualización y fabricación: desarrollo de los modelos en el software tridimensional, para continuar con la siguiente fase de fabricación mediante impresora 3D	102
Figura 6.2. Presentación de las etapas del proceso de conceptualización y construcción digital de objetos 3D.	104
Figura 6.3. Proceso de animación de los objetos 3D en diversas perspectivas.	106
Figura 6.4. <i>Video Mapping</i> , durante Dimensiones del Océano (CISOS24).	108
Figura 6.5. El piso corresponde a una pantalla táctil que se activa con el caminar de las personas.	109
Figura 7.1. Efectos observados por tsunamis en Costa Rica de 1746 a 2022	117
Figura 7.2. Mapa de índice de amenaza por tsunami	120
Figura 7.3. Mapa de tiempos mínimos de llegada de tsunamis a Costa Rica en minutos	121
Figura 7.4. Integrantes de comités de emergencia de la ciudad de Limón desarrollando su mapa de evacuación por tsunami	123
Figura 8.1. Cambios estacionales del perfil de playa Cieneguita, Limón	130
Figura 8.2. Efectos del oleaje de enero de 2020 en el Caribe Sur de Costa Rica	132
Figura 8.3. Análisis de los cambios en el perfil topográfico de la playa de Cieneguita, frente al aeropuerto de Limón	133
Figura 8.4. Fotomosaico construido a partir de vuelo fotogramétrico en playa Gandoca. PROGEA	135

Cuadro 8.1. Resumen de instituciones, leyes que las facultan y responsabilidades en la elaboración de planes reguladores costeros en Costa Rica	137
Figura 9.1. Generación de ruido sísmico ambiental a través de la interacción de la actividad oceánica con la corteza terrestre	143
Figura 9.2. Mapa que muestra la distribución espacial de las estaciones sismológicas operadas por el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, en el sur de Costa Rica	145
Figura 9.3. Correlación cruzada del ruido sísmico ambiental entre las estaciones CCOL y RIOS	148
Figura 9.4. Decorrelación de la función empírica de Green en el tiempo para un número seleccionado de pares de estaciones sísmicas distribuidas a lo largo de las penínsulas de Osa y Burica en el Pacífico Sur de Costa Rica	150
Figura 9.5. Distribución estacional de los valores mínimos y máximos de CC entre pares de estaciones en el Pacífico Sur de Costa Rica obtenidos a través de la correlación cruzada anual de ruido sísmico ambiental	151
Figura 10.1. Ubicación geográfica de la bahía de Santa Elena y su batimetría en metros y del golfo de Nicoya y su batimetría en metros interpoladas en la grilla del modelo hidrodinámico en Delft3D	159
Figura 10.2. Instrumentos usados en oceanografía	161
Figura 11.1. Áreas Marinas de Pesca Responsable en Costa Rica	176
Figura 11.2. Zonificación del AMPR Distrito Paquera-Tambor	178

Figura 11.3. Monitoreo biométrico y muestras de dorado (<i>Coryphaena hippurus</i>), corvina agria (<i>Micropogonias altipinnis</i>), pargo mancha (<i>Lutjanus guttatus</i>) y pargo coliamarilla (<i>L. argentiventris</i>) capturados por los pescadores artesanales en el AMPR Paquera-Tambor durante el año de estudio	181
Figura 11.4. Artes de pesca permitidos en el AMPR Distrito Paquera-Tambor	183
Figura 11.5. Volúmenes de descarga en Puerto Tambor; antes (2009) y después (2019) del establecimiento del AMPR	185
Figura 12.1. Red de estaciones de muestreo de la Comisión de Vigilancia Epidemiológica de la Marea Roja de Costa Rica	195
Figura 12.2. Quistes de resistencia y células vegetativas de <i>Pyrodinium bahamense</i>	196
Figura 12.3. Distribución espacial de la concentración de los quistes de resistencia viables de <i>Pyrodinium bahamense</i> , durante el periodo abril 2013 a abril 2014, golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica	197
Figura 13.1. Desplazamiento mensual del DTCR-PT.	204
Cuadro 13.1. Grupos de especies que habitan o frecuenta el DTCR-PTO	206
Cuadro 13.2. Valor de la pesca comercial en el DTCR-PTO por buques cerqueros de países bajo estudio según datos de GFW y CIAT	210
Cuadro 13.3. Valor de las actividades vinculadas a la pesca deportiva en países bajo estudio	212
Cuadro 13.4. Valor de ingresos por avistamiento de cetáceos en países bajo estudio año 2023	213
Cuadro 13.5. Esfuerzo pesquero en días, según arte de pesca y bandera, 2017-2022	214



Presentación

El presente libro es un esfuerzo articulado desde la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional, como parte de un conjunto de estrategias destinadas a favorecer el trabajo académico interdisciplinario en temas relacionados con la gestión de los océanos y la atención de los desafíos que enfrentan las comunidades costeras. Esta iniciativa surge de la necesidad de visibilizar y compartir los aprendizajes, retos y logros de Costa Rica en la gestión sostenible de sus recursos oceánicos. El trabajo compila casos y experiencias relevantes que abordan aspectos clave como la gobernanza participativa, el monitoreo, la salud de los ecosistemas marinos y la optimización de su productividad. A través de un enfoque interdisciplinario, basado en evidencia, esta obra aspira a servir como referencia para tomadores de decisiones, investigadores, educadores y comunidades costeras, tanto a nivel nacional como internacional.

En estas páginas se busca promover la comprensión integral de los desafíos y oportunidades que enfrenta Costa Rica en la gestión de sus ecosistemas marinos. Desde la implementación de marcos legales e

instrumentos de gobernanza hasta las iniciativas de conservación comunitaria y tecnologías innovadoras de monitoreo, los casos presentados ilustran cómo las buenas prácticas pueden fortalecer el desarrollo sostenible. Además, el libro busca inspirar la acción colectiva y fomentar el intercambio de conocimiento para enfrentar las amenazas globales que afectan a los océanos.

En una primera sección se abordan temas relacionados con el derecho marítimo, la gobernanza y la defensa de los derechos humanos de las comunidades costeras, los cuales son esenciales para garantizar el uso sostenible y equitativo de los recursos marinos. Este marco legal no solo regula actividades en el ámbito marítimo, sino que también protege a las comunidades que dependen de estos ecosistemas, asegurándoles el acceso justo a los recursos y participación en las decisiones que afectan su entorno y su bienestar. Además, la gobernanza integrada promueve la resolución de conflictos y fomenta la colaboración entre sectores públicos, privados y locales, lo que genera un balance entre desarrollo económico, justicia social y conservación ambiental.

En la segunda sección, se explora cómo el monitoreo científico de los océanos es esencial para comprender y preservar su papel crucial en el equilibrio del planeta. Desde la biología, es posible estudiar la biodiversidad marina, identificar cambios en las poblaciones de especies y evaluar el impacto de actividades humanas como la pesca y la contaminación. La oceanografía física aporta información sobre las corrientes, temperaturas y niveles del mar, fundamentales para prever fenómenos climáticos extremos y sus efectos en las costas. Por su parte, la sismología ayuda a detectar y analizar movimientos tectónicos bajo el lecho marino, lo que es clave para entender riesgos como tsunamis y terremotos submarinos. Estas disciplinas, con trabajo conjunto, ofrecen una visión integral de los océanos, indispensable para su conservación y la mitigación de riesgos para las comunidades humanas.

Por último, la tercera sección nos invita a reflexionar sobre la importancia de contribuir a la salud y productividad del océano para garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales de los que dependen millones de personas en todo el mundo. Los océanos no solo son el hogar de una biodiversidad única, sino que también regulan el clima global, absorben

dióxido de carbono y generan más del 50 % del oxígeno que respiramos. Su productividad sostiene economías mediante actividades como la pesca, el turismo y el transporte marítimo. Proteger su salud implica combatir la contaminación, mitigar los efectos del cambio climático y promover prácticas sostenibles que aseguren ecosistemas resilientes. Un océano saludable es esencial para el bienestar humano y la estabilidad ambiental del planeta.

Costa Rica, conocida por su liderazgo en políticas ambientales, se enfrenta a retos importantes en la gestión de sus recursos marítimos. Este libro no solo documenta experiencias exitosas, sino también evidencia la importancia de integrar diversos sectores en la búsqueda de soluciones sostenibles. En un contexto global de crisis climática y degradación ambiental, la experiencia costarricense puede servir de modelo replicable y adaptable para otras naciones. Sus casos y experiencias reflejan cómo la innovación, la participación y el conocimiento científico pueden converger para enfrentar los retos de hoy y garantizar un futuro resiliente para los océanos.

Dr. Jorge Herrera Murillo
Vicerrector de Investigación
Universidad Nacional
Diciembre, 2024



PARTE I
Gobernanza y derecho



Derecho del mar: una legislación urgente para su consolidación

Carlos Murillo Zamora¹

El derecho sobre el uso del mar ha tenido una evolución de larga data desde hace varios milenios y forma parte del propósito que los seres humanos asumen para influir y controlar los espacios marinos. Muchas de las normas relacionadas con el uso de los espacios marítimos, que actualmente rigen, se formularon en la época del Imperio romano y se fortalecieron durante los siglos XVI y XVII, sobre todo con las contribuciones de juristas europeos; en particular, Hugo Grocio con su idea del *mare liberum* frente a las tesis inglesas del *mare clausum*. Sin embargo, fue en el siglo XX cuando se consolidaron como un *Corpus Iuris*, a través de una serie de conferencias internacionales. Entre ellas destacan

¹ Dr. Carlos Murillo Zamora, Universidad Nacional, Escuela de Relaciones Internacionales, carlos.murillo.zamora@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0001-5104-7675>

tres conferencias que fueron convocadas por la Organización de Naciones Unidas (ONU). No obstante, fue en la III Conferencia de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1973-1982), precedida por una serie de trabajos de comisiones y resoluciones de la ONU, cuando se estableció un mecanismo para regular las actividades en los distintos espacios marítimos².

El *Corpus Iuris* fue evolucionando a través de una serie de convenciones y acuerdos que establecían normas acerca de la proyección de los Estados sobre los océanos. Sin embargo, la mayor parte de los espacios marítimos permanecían bajo el estatus de altamar, caracterizado por las libertades de navegación, sobrevuelo, pesca, tendido de cables y tuberías submarinas e investigación (art. 87, Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar-Convemar). Este artículo recoge los principios del derecho del mar: libertad, soberanía y herencia común de la humanidad.

Sobre la evolución del derecho del mar y sus instituciones se han generado numerosos y valiosos textos de carácter general (cfr. Tanaka, 2012; Rothwell *et al.*, 2015)³. En el caso de Costa Rica véase Murillo (2017 y 2005). Ese recorrido ha hecho que el derecho del mar se convierta, no solo en la más antigua rama del derecho internacional, sino en la de mayor desarrollo, por su complejidad y la relevancia que tiene para los Estados (Tanaka, 2012, p. 3).

Los Estados, sobre todo los ribereños, al suscribir y ratificar la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (Convemar) y los otros tratados y acuerdos complementarios, deben adoptar la legislación interna para hacer efectivo el propósito de este *Corpus Iuris*. En la introducción al texto de Convemar de 1984, se indica que es "...multifacética y constituye un monumento a la cooperación internacional en materia de elaboración de tratados", siendo una verdadera constitución de los océanos. Por lo que, como declaró el secretario general de la ONU, Pérez de Cuéllar, es "una transformación del derecho internacional" (Naciones Unidas, 1984, p. xv).

2 Para un recuento de esas acciones véase el Acta Final de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/final_act_eng.pdf

3 Para una bibliografía detallada sobre la evolución del derecho del mar y las características de cada una de las disposiciones de Convemar, véase United Nations, 2019.

Sin la implementación en el ámbito doméstico y la coordinación interestatal, Convemar se habría convertido en una convención más. No obstante, el resultado fue un texto dinámico, cuya implementación requiere que los Estados sean agentes proactivos del derecho del mar. Esto adquiere aún más relevancia en el año 2024, al cumplirse el trigésimo aniversario de la entrada en vigor de la Convención (16 de noviembre). Durante estas tres décadas, Convemar opera como un mecanismo institucional que comprende la División para Asuntos Oceánicos y del Derecho del Mar —adscrita a la Oficina de Asuntos Legales de la ONU— y otras instancias como el Tribunal Internacional del Derecho del Mar⁴, la Comisión de Límites de la Plataforma Continental y la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos, y se complementa con la Reunión de los Estados parte.

El objetivo del artículo es evaluar las disposiciones de Convemar sobre legislación que deben adoptar los Estados parte —con énfasis en el caso de Costa Rica— y cómo han suscrito algunas medidas. Para este propósito, se examina la situación actual de la Convención en términos de las partes firmantes. Esto se complementa con dos aspectos: i) las actividades de los Estados en las instancias creadas por la Convención; y ii) la participación en la solución de disputas. Para concluir, se alude a la situación del Acuerdo sobre Altamar, con énfasis en la experiencia de Costa Rica.

Estados parte y la situación de Convemar

El 10 de diciembre de 1982, en Montego Bay, Jamaica, se firmó Convemar; Convención, suscrita por 119 Estados. Finalmente, el acta final de la Conferencia fue firmada por 23 Estados adicionales, participantes de pleno derecho. También se sumaron otros actores, como movimientos de liberación nacional y organizaciones intergubernamentales. La Parte XI —la Zona— requería de un acuerdo para su implementación, que entró en vigor el 28 de julio de 1996. Además, el 11 de diciembre de 2001, entró en vigor el Acuerdo sobre la Aplicación de las Disposiciones de la Convención

⁴ Además del Tribunal, de acuerdo con el artículo 287, las partes pueden resolver sus disputas a través de la Corte Internacional de Justicia, un tribunal arbitral (anexo VII) y un tribunal arbitral especial (anexo VIII).

de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar del 10 de diciembre de 1982, referente a la conservación y ordenación de las poblaciones de peces transzonales y las poblaciones de peces altamente migratorias.

A julio de 2024, 170 países ratificaron la Convención (Convemar). Costa Rica fue el Estado 51 que depositó el instrumento de ratificación el 21 de setiembre de 1992; el último fue San Marino. En cuanto al Acuerdo sobre la Parte XI, 153 Estados lo aprobaron (Costa Rica lo hizo hasta setiembre de 2001). Con respecto a la conservación de especies pesqueras, cuenta con 93 ratificaciones (Costa Rica lo formalizó en junio de 2001). El 20 de setiembre de 2023 se abrió a firma el Acuerdo sobre la Conservación y el Uso Sostenible de las Zonas Situadas fuera de la Jurisdicción Nacional o Acuerdo de Altamar: fecha cuando Costa Rica lo suscribió. Los Estados pueden hacer declaraciones —con la intención de especificar algunos criterios— en el momento de la firma o la ratificación, como lo hizo Costa Rica⁵.

El número de ratificaciones del Acuerdo sobre las Poblaciones de Peces Transzonales y las Poblaciones Altamente Migratorias, de 1995, es de solo 93. Su propósito es “...asegurar la conservación a largo plazo y el uso sostenible de las poblaciones de peces transzonales y las poblaciones de peces altamente migratorios mediante la aplicación efectiva de las disposiciones pertinentes de la Convención” (art. 2 del Acuerdo). Esta convención contiene 320 artículos agrupados en 17 partes y nueve anexos. Hasta la parte décima puede considerarse que registra, sistematiza y ordena lo que podría denominarse el derecho del mar tradicional, que se había adoptado en las Convenciones de Ginebra y otros textos jurídicos. De la undécima parte en adelante (187 artículos) constituye la parte más innovadora del derecho internacional, porque no solo establece las normas que regulan los espacios marinos, sino que identifica las vinculaciones con otras áreas temáticas de los asuntos planetarios. Por tanto, es imperativo que los Estados

5 La anotación que Costa Rica hizo el 10 de diciembre de 1982 fue “El Gobierno de Costa Rica declara que las provisiones de la ley costarricense sobre el pago de licencias de pesca a buques extranjeros en la zona económica exclusiva, debe también aplicarse para la pesca de especies altamente migratorias conforme a las estipulaciones de los artículos 62 y 64, parágrafo 2, de la Convención”.

implementen legislación para hacer efectivas las obligaciones, compromisos, deberes y derechos que genera Convemar.

La convención y, en general, los acuerdos vinculados en los distintos campos requieren que los Estados parte adopten una serie de disposiciones legales y normativas internas. Esto se hace más que evidente conforme se profundizan los efectos negativos del Antropoceno. Únicamente, de esta forma, se pueden hacer efectivas las obligaciones establecidas en la Convención. Así, el conjunto de reglas y prácticas internacionales y nacionales puede contribuir a un orden marítimo y una gobernanza oceánica global. Por eso, como anota A. Olivert (2022), es a través de enfrentar los desafíos y amenazas que enfrentan los océanos, en forma conjunta, que se concreta la función de Convemar. Esta es una característica de este *Corpus Iuris*, puesto que el desarrollo del orden oceánico global⁶ es inseparable del desarrollo del derecho internacional (Olivert, 2022, p. 26) y de la gestión de los espacios marítimos y marinos por parte de los Estados ribereños, e incluso de aquellos en situación geográfica desventajosa o sin litoral marino. La comunidad internacional se enfrenta a una crisis oceánica sin precedentes, caracterizada por la contaminación por plásticos, la sobrepesca y los efectos del cambio climático, lo que demanda acciones urgentes para garantizar la salud de los océanos y del planeta. No obstante, la magnitud y complejidad de estos problemas exigen una respuesta coordinada a nivel internacional, que involucre a todos los actores relevantes; desde los Estados hasta las comunidades locales y las organizaciones no gubernamentales, donde Costa Rica ha contribuido.

Obligaciones en el marco de Convemar: implementadas vía legislación nacional

Convemar estableció un conjunto de obligaciones directas, surgidas del ejercicio de derechos (*entitlements*) a través de acciones estatales y de instrumentos internacionales complementarios que requieren ser

6 Incluso, resulta redundante aludir a un “orden global” de los océanos, porque cuando se hace referencia a estos —a diferencia de los continentes e islas— siempre se alude a la dimensión planetaria.

implementados por los Estados para alcanzar el cumplimiento de lo estipulado en la convención (United Nations, 2004). Ello, porque el texto convencional es considerado, según se anotó:

...como el marco legal general en el cual todas las actividades en los océanos y los mares deben realizarse. También establece los derechos y obligaciones de los Estados al ejecutar esas actividades, incluyendo aquellas relativas a la navegación, recursos vivos y no vivos, protección y preservación del medio marino, investigación científica marina y desarrollo y transferencia de tecnología marina, en todas las áreas marítimas provistas en la Convención (United Nations, 2004, p. 1).

Por consiguiente, el derecho del mar establecido en Convemar es un “sistema de instituciones”⁷, algunas existían antes de la adopción de la Convención y otras derivadas del texto adoptado en 1982. El ordenamiento jurídico del mar establecido por la Convención abarca un amplio espectro: desde las zonas marítimas bajo jurisdicción nacional (mar territorial, zona contigua, zona económica exclusiva y plataforma continental) hasta las áreas internacionales (La Zona y los fondos marinos). Además, este sistema engloba los regímenes internacionales y las organizaciones creadas en virtud de la Convención, así como las relaciones con una diversidad de actores estatales y no estatales (Treves, 1998). La Convención del Mar asigna a los Estados ribereños una serie de responsabilidades en relación con sus zonas marítimas bajo jurisdicción nacional; entre las que destacan la conservación y gestión racional de los recursos marinos vivos y no vivos, la seguridad de la navegación y la protección del medio marino en general (Treves, 1998, pp. 327-328). Además, establece un marco jurídico para la resolución pacífica de las controversias que puedan surgir en relación con la aplicación de la Convención. Así, según Treves, “se da principalmente, porque varios artículos establecen acciones de cooperación con instancias existentes en materia pesquera, mares cerrados y semicerrados, protección y preservación del medio marino, investigación científica marina y desarrollo y transferencia de tecnología marina” (1998, p. 327).

7 En relaciones internacionales el concepto *instituciones* se refiere a tres tipos de entidades: los conjuntos de normas y conductas que regulan a la conducta de los actores estatales y no estatales, a los regímenes internacionales y a las organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales internacionales.

La resolución de controversias constituye una de las áreas con mayor desarrollo de Convemar, porque existen numerosos casos en instancias jurídicas y mecanismos para implementar las obligaciones (Sobenes & Loza, 2017; Tanaka, 2012). Uno de los ámbitos que adquiere cada vez más relevancia es la vinculación con el Acuerdo de París y otros compromisos internacionales desde la Cumbre de Río en lo que concierne a cambio climático (Klerk, 2021) y los Estados pueden presentar casos sobre actividades relacionadas con el incumplimiento de la obligación de delimitar los espacios marítimos (Liao, 2021).

Costa Rica es uno de los países que más ha implementado normas para la protección de los recursos marinos y ha suscrito distintos acuerdos y convenios (Cajiao, 2008). También ha formulado políticas públicas sobre los mares bajo su jurisdicción. Destaca la Política Nacional del Mar y la Estrategia para la Gestión Integral de Recursos Marinos y Costeros (Comisión Interinstitucional de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica, 2008). Ello se complementa con algunas leyes en ámbitos específicos que incluyen disposiciones relacionadas con las actividades marinas y marítimas.

Actividades de los Estados parte en las instancias establecidas por Convemar

De las instancias establecidas por Convemar, en esta sección se hace referencia a la Comisión de Límites de Plataforma Continental, la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos y al Tribunal Internacional de Derecho del Mar. En el primer caso, los Estados que consideren que tienen derecho a extender su plataforma continental más allá de las 200 millas marinas (art. 76, par. 8) deben presentar un requerimiento a dicha comisión, que muestre su derecho. Lo anterior es un proceso complejo que debe atender los procedimientos y guías científico-técnicas establecidas por la Comisión. Al 17 de julio de 2024 se han recibido 95 solicitudes; sin embargo, alrededor de un 50 % solo han sido presentadas y están en espera del establecimiento de la subcomisión o de la emisión de recomendaciones, antes de formalizarse.

El 16 de diciembre de 2020, Costa Rica y Ecuador fueron los países número 86 en presentar una solicitud a la Comisión, que quedó plasmada en el documento CLCS/54/2, de 28 de marzo de 2022. En él se informa de la presentación y que se establecerá la subcomisión correspondiente⁸; resultado de años de negociaciones y trabajos bilaterales entre delegaciones políticas y técnicas de ambos países. En materia de resolución de controversias, el Tribunal Internacional de Derecho del Mar —con sede en Hamburgo, Alemania— ha conocido 33 casos, sobre todo por incidentes de navegación. En lugar de recurrir a otros mecanismos de resolución de controversias, Costa Rica eligió someter sus diferendos marítimos con Nicaragua a la jurisdicción de la Corte Internacional de Justicia; es una cuestión de preferencia y de valoración de resultados. En cuanto a las delimitaciones con Colombia, Ecuador y Panamá, no ha sido necesario acudir a instancias internacionales.

Adopción del Acuerdo de Altamar

El Acuerdo en el marco de la Convemar relativo a la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica marina de las zonas situadas fuera de la jurisdicción nacional, abreviado en Acuerdo de BBNJ, suscrito por 88 estados el 20 de septiembre de 2023 y en la actualidad cuenta con 108, constituye el principal paso —desde la adopción de Convemar— que regula las actividades más allá de las 200 millas marinas de la ZEE. En el texto convencional (parte VII) se habían limitado a registrar el derecho consuetudinario (sección 1, disposiciones generales) y algunas normas relevantes (sección 2) en materia de conservación y administración de los recursos vivos en la altamar. El objetivo general, según el artículo 2, asegura “...la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica marina de las zonas situadas fuera de la jurisdicción nacional, en el presente y a largo plazo, mediante la implementación efectiva de las disposiciones pertinentes de la Convención”, que demanda una mayor cooperación y coordinación internacionales. Este paso representa un avance significativo hacia

8 El resumen ejecutivo de la propuesta conjunta puede verse en [https://www.un.org/depts/los/clcs_new/submissions_files/cricu_86_2020/PART-I%20\(secured\).pdf](https://www.un.org/depts/los/clcs_new/submissions_files/cricu_86_2020/PART-I%20(secured).pdf)

una gobernanza oceánica más efectiva; especialmente en una región donde los recursos marinos enfrentan una presión cada vez mayor, que amenaza la biodiversidad y la salud de los ecosistemas (Hart, 2008). El Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto remitió el expediente 24373 para su ratificación a la Asamblea Legislativa el 7 de junio de 2024. En la exposición de motivos se indica que “Costa Rica desplegó un exitoso liderazgo, el cual ha sido plenamente reconocido tanto por los nacionales como por la comunidad internacional”. La iniciativa de ley se trasladó a una subcomisión de la Comisión de Relaciones Internacionales y Comercio Exterior para su estudio y recomendación, la cual está en la fase de consultas a instituciones y organizaciones de la sociedad civil.

Una práctica en el Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto ha sido retrasar el envío de convenios internacionales al Congreso —en este caso, sobre el mar—, como se citó en el caso de Convemar. Los trámites que más tardaron en darse fueron las Convenciones de Ginebra de 1958, que se aprobaron mediante las leyes 4940 (Altamar) de 1971, 5031 (Mar Territorial) y 5032 (Pesca y Conservación) de 1972.

Algunas referencias a iniciativas de normativa sobre espacios marinos y marítimos

La Ley 7291, que aprueba la ratificación de Convemar, se emitió en 1992 (diez años después de su firma). Mientras que, lo relativo a los peces transzonales y migratorios se aprobó mediante la Ley 8059 de febrero de 2001 y con la Ley 8172, de agosto de 2001, se aprobó el Acuerdo sobre la Parte XI de la convención.

Una tarea pendiente en Costa Rica es la adopción de una ley que regule los espacios marítimos. En enero de 2011, se presentó el proyecto de ley 17.951; pero no prosperó la iniciativa.

En julio de 2012, se acogió el Decreto 37212, que crea la Comisión Nacional Marina. Sin embargo, en febrero de 2014 se emitió el Decreto Ejecutivo 38014, que oficializa la Política Nacional del Mar 2013-2028 y responsabiliza a la Comisión Nacional del Mar de articular, integrar y conciliar las políticas sobre los asuntos marinos. No obstante, la rotación de

personal clave en los distintos gobiernos ha resultado en la discontinuidad de estas propuestas, obstaculizando así el desarrollo de estrategias integrales y a largo plazo para la gestión de los ecosistemas marinos

En junio 2019 se adoptó el decreto 41775 sobre el mecanismo de gobernanza de los espacios marinos sometidos a la jurisdicción del Estado Costarricense, que enmendó el decreto 38014 y revocó otras disposiciones sobre la materia.

Recomendaciones

Los Estados tienen la responsabilidad de garantizar la aplicación efectiva del derecho del mar en sus jurisdicciones nacionales. La incorporación de las disposiciones de la Convemar y otros instrumentos conexos en los marcos jurídicos internos es fundamental para enfrentar los desafíos para resguardar los océanos en la era del Antropoceno. Los derechos de los Estados son diversos, pero también son más complejas las obligaciones y deberes que tienen los gobiernos, actores no estatales y la comunidad mundial para proteger los espacios marinos y garantizar la conservación de sus recursos, vivos y no vivos, para las futuras generaciones.

El Gobierno de Costa Rica, al igual que todos los Estados, deben realizar una revisión integral de la legislación nacional vinculada con el derecho del mar, para realizar las actualizaciones necesarias; con especial urgencia los aspectos vinculados con el Acuerdo de Altamar, ya que avanza lentamente en la Asamblea Legislativa. Por ello, se recomienda que en el Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto exista un Departamento de Asuntos Marítimos y Marinos, adscrito a la Dirección de Política Exterior. Es importante que este nuevo departamento tenga responsabilidades diferentes a las que ya tiene el Departamento de Límites, Fronteras y Tratados Internacionales —responsable de preparar la documentación para iniciar el trámite legislativo de aprobación de los textos internacionales suscritos por el país—. Especialmente, que tenga la función de “atender y dar seguimiento a los asuntos limítrofes y de seguridad jurídica en resguardo de la soberanía nacional”.

Sin embargo, para Costa Rica con 92 % de su superficie constituida por espacios marítimos, lo imperativo es que exista un Instituto de Asuntos Marítimos y Marinos que, en coordinación con el citado ministerio e instancias ministeriales como MAG, MIDEPLAN, Seguridad, MINAE, y algunas instituciones como INCOPECA, implementen la política del mar, y sea la entidad responsable de la gestión de los espacios marinos y marítimos.

Como se deduce, según lo aquí planteado, la materia de derecho del mar es un asunto de política de Estado, no de gobierno, y en muchos países —Costa Rica no es la excepción— no hay una visión de largo plazo de las autoridades gubernamentales sobre la gestión marina y marítima. Por eso, la recomendación es que se adopte una política de Estado sobre los mares costarricenses —respaldada no en un documento de política, sino en leyes— para evitar que cada nueva administración deseche todo el esfuerzo realizado.

Referencias

- Cajiao, M. (2008). *Régimen legal de los recursos marinos y costeros en Costa Rica*. Fundación AMBIO. <https://www.yumpu.com/es/document/view/30663091/regimen-legal-de-los-recursos-marinos-y-costeros-en-costa-rica>
- Comisión Interinstitucional de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. (2008). *Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Recursos Marinos y Costeros de Costa Rica*. Comisión Interinstitucional Zona Económica Exclusiva de Costa Rica.
- Hart, S. (2008). *Elements of a Possible Implementation Agreement to UNCLOS for the Conservation and Sustainable Use of Marine Biodiversity in Areas beyond National Jurisdiction*. IUCN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/eplp-ms-4.pdf>

- Klerk, B. (2021). *Climate Change Obligations under the Law of the Sea: Interpreting UNCLOS in light of the Paris Agreement*. [Master thesis]. University of Oslo. <https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/92200/1/PILTHESIS-Candidate-8006.pdf>
- Liao, X. (2021). The Road Not Taken: Submission of Disputes Concerning Activities in Undelimited Maritime Areas to UNCLOS Compulsory Procedures. *Ocean Development & International Law*. 52(3): 397-324). <https://doi.org/10.1080/00908320.2021.1959772>
- Murillo, C. (2005). Derecho del Mar y manejo marino-costero en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 30(1): 30-37.
- Murillo, C. (2017). *Costa Rica y el derecho del mar* (2ª edición). EUNED.
- Naciones Unidas. (1984). *El Derecho del Mar. Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar*. Naciones Unidas.
- Olivert, A. (2022). The role of UNCLOS in upholding maritime order and global ocean governance: A new global order for the oceans through leadership and pressure points. *Maritime Affairs: Journal of the National Maritime Foundation of India*, 18(1): 26-41. <https://doi.org/10.1080/09733159.2022.2091571>
- Rothwell, D., Oude, A., Soctt, K, & Stephens, T. (Eds.) (2015). *The Oxford Handbook of the Law of the Sea*. Oxford University Press.
- Sobenes, E., & Loza, C. (2017). The Obligations of the Parties under the Law of the Sea Convention Pending the final settlement of a Maritime Delimitation dispute over the Continental Shelf. In P. Fernández-Sánchez (Ed.), *New Approaches to the Law of the Sea* (pp. 99-110). Nova Science Publishers.
- Tanaka, Y. (2012). *The International Law of the Sea*. Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511844478>
- Treves, T. (1998). The Law of the Sea “System” of Institutions. *Max Planck Yearbook of United Nations Law*, vol. 2, pp. 325-340. https://www.mpil.de/files/pdf2/mpunyb_treves_2.pdf

United Nations. (2004). *The Law of the Sea. Obligations of States Parties under the United Nations Convention on the Law of the Sea and Complementary Instruments*. E.04.V5 United Nations DOALOS. https://www.un.org/depts/los/doalos_publications/publicationtexts/E.04.V.5.pdf

United Nations. (2019). *The Law of the Sea. A Selected Bibliography 2013*. United Nations DOALOS. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210478946/read>



Retos de la delimitación y ampliación de áreas marinas: el caso del Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica

Rafael Gutiérrez Rojas⁹

Desde finales del siglo XIX, Costa Rica inició el establecimiento de regulaciones ambientales; principalmente con el impulso de investigadores europeos como Henri Pittier, Alexander von Franzius, Karl Hoffmann y Anders Oersted. Ellos, junto con costarricenses como José Cástulo Zeledón, impulsaron el establecimiento de instituciones en el ámbito de las ciencias naturales. Adicionalmente promovieron el establecimiento de áreas naturales, principalmente para el resguardo del recurso hídrico.

⁹ Rafael A. Gutiérrez Rojas, exdirector del Sistema Nacional de Áreas de Conservación y exvice-ministro de Ambiente, rafagutiero@gmail.com

Algunos ejemplos de regulaciones son la Ley 65 de 1888, que estableció como zona inalienable los terrenos alrededor del volcán Barva y el cerro Zurquí, con el fin de asegurar el recurso hídrico para poblaciones de Heredia, Barva y Alajuela (Hilje, 2013). Luego, en el siglo XX, a finales de la década de los sesenta, también se establecieron las Direcciones del Servicio de Parques Nacionales, Vida Silvestre y Forestal, del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

A partir de este momento, y durante la década de los setenta, se inicia un proceso de establecimiento de áreas protegidas, ante todo, en las categorías de parques nacionales, reservas biológicas, zonas protectoras, refugios de vida silvestre y reservas forestales. Durante este periodo de los setenta se establecieron los parques nacionales volcán Poás, Santa Rosa, Cahuita, Tortuguero, Braulio Carrillo y reservas forestales como Los Santos, la Cordillera Volcánica Central, entre otros (Boza, 2015). En el año 1978 se estableció el Parque Nacional Isla del Coco (PNIC); espacio insular que de manera oficial se unió al territorio nacional en el año 1869, con el objetivo de resguardar especies y ecosistemas marinos; así como para amortiguar los efectos de la pesca ilegal y conservar en estado natural un reducto volcánico ubicado a una distancia aproximada de 500 km de la costa pacífica del país.

Aunque la Ley Orgánica del Ambiente de 1995 establece los criterios para crear las áreas protegidas, desde el punto de vista técnico, los parámetros eran aún generales. Esto provocaba que, en algunos de los informes técnicos, la declaratoria o cambio de categoría de las áreas protegidas no eran uniformes. Dicha situación se reformó con la Ley de Biodiversidad en el año 1998, en particular, los artículos 71 y 72 indican los parámetros para elaborar los estudios técnicos, tanto para establecer un área protegida, modificarla o para el cambio de categoría.

El informe técnico incluye los objetivos de creación del área propuesta y recomendaciones sobre la categoría de manejo más adecuada, parámetros sobre la relevancia y fragilidad de los ecosistemas, las poblaciones silvestres, los atributos geológicos o geomorfológicos que incluye el área propuesta. Asimismo, debe ser claro respecto al régimen de tenencia de la tierra —sea estatal, privada o mixta en el área propuesta—, la existencia de recursos financieros suficientes para adquirir los terrenos

del área de interés (si se requiere) y asegurar su adecuada protección y manejo en el largo plazo, en el caso de que sean propiedades privadas debidamente escrituradas.

Un elemento fundamental para considerar en el estudio técnico es la consulta obligatoria a poblaciones indígenas o comunidades locales que puedan afectar o tener algún impacto con el establecimiento o modificación de áreas silvestres protegidas. Además, cuando se realice una modificación precisa para elevar la categoría de manejo, en el informe deberán abordarse las razones que justifiquen la propuesta de cambio en la categoría de manejo.

En el año 2008 el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) inició un proceso para identificar y ubicar áreas marinas relevantes o de importancia ecológica y biológica (las EBSA, por sus siglas en inglés), a nivel mundial, con el fin de proteger y preservar la biodiversidad marina de manera efectiva y considerando que, en muchas partes del mundo existen recursos escasos para realizar estudios técnicos, aun cuando existe una gran riqueza marina, abundancia de especies y son altamente productivas. Los estudios realizados en diferentes partes del mundo indican que en áreas con ciertas características se encuentran muchas especies raras o únicas y, por lo tanto, son sensibles o vulnerables a las amenazas que representan algunas actividades humanas, en particular, la sobrepesca y la contaminación (CBD, 2016).

Las discusiones en la Convención de Biodiversidad y el interés de los gobiernos en fortalecer el sector marino influyeron en que, en 2008, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) organizara, impulsara y liderara un estudio que permitiera generar insumos sobre los ecosistemas que no estaban de forma adecuada incorporados dentro del proceso de conservación y que sirviera, a su vez, para delinear mecanismos de ordenamiento de las áreas protegidas. De esta forma, surgió la “Propuesta de Ordenamiento Territorial para la Conservación de la Biodiversidad en Costa Rica”, que se denominó GRUAS II, pues antes hubo un estudio en esta misma línea, pero que no consideró las áreas marinas ni las áreas fluviales del país. Este proyecto incluyó el análisis denominado “Vacíos en la Representatividad e Integridad de la Biodiversidad Marina y Costera”, que se consideró como el primer esfuerzo por identificar

sitios importantes para la conservación en el espacio marino y costero costarricense.

Este análisis ha sido una guía para que el país establezca estrategias de atención e incorporación de sitios marinos y costeros al sistema de áreas protegidas nacionales. Lo anterior, mediante diferentes mecanismos de gestión y categorías de manejo. Por ejemplo, la incorporación de áreas marinas de manejo como Montes Submarinos, Cabo Blanco, Santa Elena y Barra de Colorado, que impulsan tanto la conservación como el aprovechamiento responsable de los recursos marinos y la ampliación de áreas de categorías estrictas ya existentes. Este estudio evidenció la falta de mecanismos de zonificación, ordenamiento y manejo del mar costarricense; hallazgo que sensibilizó la importancia de la zonificación marina que facilite el manejo el uso y la conservación integral de los recursos marinos en el país (SINAC, 2008).

Por otra parte, entre las zonas con vacíos de conservación que resultaron en el análisis de GRUAS II, se encuentran la Isla del Coco y las montañas submarinas de Cocos, por no tener incorporados ecosistemas importantes dentro de sus límites. Aunque, antes del año 2021, a estos sitios los declararon formalmente con los debidos mecanismos legales (como decretos ejecutivos y leyes de la República), estos no abarcan todos los sitios de interés ambiental dentro de sus límites, según lo indican estudios técnico-científicos basados en datos representativos de toda la Zona Económica Exclusiva (ZEE) del Océano Pacífico de Costa Rica y hallazgos realizados por iniciativas regionales, que habían identificado la necesidad de ampliar estas ASP, cuyo interés especial era asegurar la conservación de las especies endémicas, residentes y pelágicas de fauna y flora marina e insular; además, del mantenimiento de los servicios ecosistémicos que brindan. El estudio en mención tuvo dos líneas de acción fundamentales para el SINAC: buscar mecanismos con otras instituciones para propiciar el ordenamiento marino y la ampliación de las áreas existentes para incorporar ecosistemas de valor biológico.

Proceso de ampliación del Parque Nacional Isla del Coco y Área de Manejo Montes Submarinos

Mediante el impulso de la Dirección del Área de Conservación Marina Isla del Coco y, a partir del año 2017, con la colaboración con organizaciones ambientales, la cooperación internacional y con recursos propios, se iniciaron estudios técnicos específicos que permitieran contar con información base para fundamentar o rechazar el proceso de ampliación o modificación de límites en las áreas silvestres Isla del Coco y Montes Submarinos. Entre estos estudios se encuentran:

- a. *Importancia de los ecosistemas y poblaciones del sitio de interés: Parque Nacional Isla del Coco, el Área Marina de Manejo Montes Submarinos y aguas adyacentes del Área de Conservación Marina Cocos.*
- b. *Valoración económica de servicios ecosistémicos en el Área de Conservación Marina Cocos y Aguas Adyacentes.*
- c. *Estimación de la disposición a pagar de visitantes al Área de Conservación Marina Cocos y sus aguas adyacentes, de manera adicional al gasto actual, por una posible ampliación de la protección de sus ecosistemas y especies.*
- d. *Estimación de la biomasa pesquera en la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica y las zonas de interés dentro de la Zona Económica Exclusiva.*
- e. *Estimación de la biomasa pesquera en el Área de Conservación Marina Cocos y aguas circundantes y predicción de la probabilidad de desembarque de las especies según condiciones bioclimáticas.*
- f. *Caracterización de la Flota de Palangre en Costa Rica.*
- g. *Priorización para zonificar la Zona Económica Exclusiva del Pacífico de Costa Rica con base en objetos de conservación y usos (SINAC, 2020), así como un informe técnico. Los anteriores estudios junto*

con criterios de expertos y personal del SINAC-ACMIC identificaron los principales vacíos en la conservación de ecosistemas y especies en la zona de la Isla del Coco y Montes Submarinos.

Parque Nacional Isla del Coco: características y retos

Desde la declaratoria, en 1978, de la Isla del Coco como parque nacional, mediante el Decreto Ejecutivo N.º 8748-A, que posteriormente se ratificó mediante el artículo 1º de la Ley N.º 6794, se identificó que el modelo más adecuado para conservar su biodiversidad y sus ecosistemas asociados es la categoría de “parque nacional”. Estudios posteriores reconocieron el buen estado de conservación de estos ecosistemas y sus servicios ecosistémicos, así mismo demostraron la diferencia que hacían las áreas declaradas con esta categoría de manejo y otras adyacentes fuera de ellas.

De acuerdo con las metodologías de manejo de áreas protegidas impulsadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y adoptadas en Costa Rica, las áreas protegidas planifican su desarrollo, manejo y administración con la metodología de elementos focales de conservación, que se fundamentan en los atributos naturales y culturales más representativos; así como en aquellos componentes de la biodiversidad que se encuentran en peligro o son vulnerables. En el caso del PNIC, se ha utilizado esta metodología y se han identificado los siguientes elementos focales de manejo (EFM) en su Plan General de Manejo: formaciones arrecifales; formaciones geológicas (en específico, pináculos e islotes); especies pelágicas (tiburones, rayas y picuda); los bosques presentes en la isla y el legado histórico-cultural (SINAC, 2013).

Los estudios también evidencian que algunas de las especies identificadas en el área protegida de la Isla del Coco y definidas como objetos de conservación son altamente migratorias, lo que las hace vulnerables al salir del área protegida (Arauz *et al.*, 2014). Asimismo, se ha identificado que las formaciones geológicas como los pináculos y los montes submarinos —algunos de gran importancia biológica— no están protegidos, a pesar de ser ecosistemas esenciales para asegurar los procesos ecológicos para la mayoría de las especies marinas consideradas como elementos focales de manejo.

Ecosistemas como los Montes Submarinos, según estudios realizados a nivel mundial y regional, contribuyen de forma significativa a la diversidad y abundancia de fauna marina, manteniendo las cadenas tróficas completas y sus servicios ecosistémicos. Luego de analizar los resultados de los estudios técnicos y discutir el estado de conservación de las especies y ecosistemas de la Isla del Coco, así como de la viabilidad de su mantenimiento a largo plazo, se concluyó que es urgente y necesario ampliar el área geográfica declarada con la categoría de parque nacional. Lo anterior permite asegurar el mantenimiento de los procesos ecológicos presente en la zona. Se identificó la necesidad de establecer acciones más estrictas de protección del ecosistema, permitiendo acciones de uso indirecto, como el turismo natural o de bajo impacto, la investigación y la educación ambiental, con el fin de reducir el impacto en la fragilidad de los procesos ecológicos y en la reducción de las especies, entre otros problemas que pudieran generarse.

La ampliación del PNIC debería asegurar la representatividad de los ecosistemas y las especies vulnerables, en especial, de las especies pelágicas y formaciones geológicas. Además, sentar las bases para un manejo y una administración eficientes, que protejan los elementos focales de manejo y fomenten un uso adecuado de ellos, para fortalecimiento de los grupos relacionados con el manejo del parque nacional (SINAC, 2021).

Área Marina de Manejo Montes Submarinos: características y retos

Según el art. 70 del Reglamento a la Ley de Biodiversidad N.º 34433, los objetivos principales de las áreas marinas de manejo son a) garantizar el uso sostenible de los recursos marino-costeros y oceánicos, b) conservar la biodiversidad a nivel de ecosistemas, especies y genes; y c) mantener los servicios ambientales, los atributos culturales y tradicionales.

En el caso del PNIC y del Área Marina de Manejo de los Montes Submarinos (AMMMS), los estudios técnicos indicaron que los ecosistemas y especies asociados son altamente vulnerables y muchos de ellos encuentran desprotegidos; en especial, montes submarinos y pináculos importantes para la conservación de procesos ecológicos, y también necesarios

para que se dé la migración marina que conecte, al menos de forma parcial —bajo esquemas de conservación—, las áreas marinas protegidas ubicadas en el corredor marino del Pacífico Este Tropical, de tal manera que es necesario incorporar nuevos ecosistemas con el fin de poder cumplir con lo establecido en el artículo 70 del Reglamento de la Ley de Biodiversidad, antes mencionado.

Dado que la ampliación de un área marina de manejo de este tipo y los ecosistemas asociados implicaría considerable una extensión de mar, se planteó fortalecer los procesos necesarios para una gestión adecuada, en concordancia con los objetivos de manejo existentes y los que pudieran definirse en el futuro. Esto es fundamental para reducir las presiones sobre los recursos marinos, tanto dentro de esta área silvestre protegida como del PNIC, ya que esta área ha funcionado como una zona de amortiguamiento del parque. Por otra parte, en la zona en estudio se identificó que diferentes grupos mostraban un interés particular por el aprovechamiento de los recursos naturales con fines turísticos, de investigación y pesqueros. Esto hizo evidente la necesidad de establecer regulaciones de manejo que beneficien a los diferentes sectores sin que la presión de uso sobre los recursos amenazara su integridad.

Considerando los estudios y análisis anteriores se formuló como necesaria la ampliación del AMMMS para proteger recursos sensibles, especies vulnerables y corredores migratorios; además de fomentar usos sostenibles en beneficio de las comunidades y los grupos de interés. También se destacó la importancia de tener mecanismos adecuados de gobernanza y fortalecer las acciones conjuntas emprendidas por Costa Rica desde el año 2001, a través de la suscripción de acuerdos regionales para el establecimiento del Corredor Marino del Pacífico Este Tropical, así como su compromiso con la Convención de Biodiversidad y el cumplimiento de las metas 2030.

Proceso de consulta

Este proceso tiene varios escenarios y etapas destinadas a fomentar la participación de grupos relevantes y de interés en posibles los resultados

de la ampliación del PNIC y el AMMMS. Durante marzo y julio del año 2021, se realizó el primer proceso con cerca de 20 reuniones de trabajo para conocer opiniones y criterios de los grupos participantes sobre la posible ampliación de las áreas protegidas mencionadas, en los cuales, además, se determinó la viabilidad técnica, financiera y legal de la propuesta. En este proceso participaron representantes de la academia, instituciones gubernamentales y del sector productivo, turismo y pesca. Los temas tratados incluyeron la agenda internacional, compromisos internacionales en materia ambiental, los compromisos con los donantes y la cooperación internacional, así como el bienestar ambiental, económico y comunitario.

Entre los resultados obtenidos del proceso destacó la importancia de buscar acuerdos parciales, la necesidad de conocer y abordar los intereses y necesidades de los diferentes grupos y las condiciones para una futura gobernanza, entre otros aspectos. El segundo proceso consistió en la realización de mesas multisectoriales efectuadas entre el 20 y 23 de julio del año 2021. Estas mesas se ejecutaron con la participación del sector gubernamental, académico, organizaciones no gubernamentales ambientales, pesca y turismo. Dichos espacios de discusión e intercambio se planificaron con un planteamiento metodológico uniforme, con el fin de contar con resultados comparables entre las diferentes sesiones. Un total de 70 actores participantes de diferentes instancias se dividieron según sector y tema de interés.

Dado que en esas sesiones algunos sectores manifestaron disconformidad con la información manejada y el proceso de consulta previo, se efectuaron sesiones adicionales, tanto con el sector pesquero —con la finalidad de considerar la información sobre la actividad pesquera para mejorar la propuesta—, como con un grupo de expertos —para hacer una realimentación técnica sobre el análisis de los escenarios relacionados con la ampliación del PNIC y AMMMS—. Finalmente, se efectuó una reunión plenaria de devolución de resultados donde, además, se propusieron criterios sobre la posibilidad de realizar algunos cambios a la propuesta de ampliación y apoyando una nueva orientación del polígono de ampliación hacia el sur. Algunos grupos insistieron en que no se había llegado a un consenso y era necesario ampliar el proceso de consulta. Entonces, MINAE-SINAC, como el ente responsable de la administración de las áreas

protegidas, definió junto con otros entes del Gobierno, la realización de mesas de trabajo adicionales. Por lo tanto, esta sería una tercera etapa de consulta; proceso que se efectuó entre el 15 de octubre y el 12 de noviembre del 2021, en la ciudad de Puntarenas: punto que se escogió para facilitar el acceso de los diferentes grupos de pescadores a las mesas de discusión.

A estas mesas asistieron un aproximado de 50 personas a cada sesión. Todas pertenecientes a 23 organizaciones diferentes, como representantes de organizaciones de la sociedad civil, en particular, del sector productivo y la academia. Al final, se confeccionó una propuesta de ampliación y se conformó un expediente con la fundamentación técnica que se subió a la página web del MINAE para obtener insumos y comentarios, los cuales los equipos técnicos analizaron. Luego, se incorporaron las sugerencias que se consideraron pertinentes y otras se desecharon en la propuesta final.

Aun cuando se realizó un proceso de consulta en diversos niveles y con diferentes sectores, hubo oposición, principalmente de algunos grupos pesqueros, lo que generó una posterior contraargumentación por parte del MINAE-SINAC, entidad responsable del proceso de ampliación de las áreas marinas.

Entre los argumentos planteados por estos grupos, se señaló la falta de accesibilidad a la información por parte de la instancia gubernamental, aunque se indicó que esta información estaba disponible en la página web de la institución, para que fuera accesible a cualquier usuario. Además, se argumentó que las áreas marinas no permiten la pesca; a esto se respondió que la pesca regulada es permitida en las áreas marinas de manejo, con la excepción de las áreas definidas como parques nacionales.

Otro de los argumentos de los sectores opuestos fue que declarar áreas marinas cercanas al 30 % del mar territorial era excesivo y que Costas Rica ya tenía cerca de 46 % de su mar protegido. Sin embargo, se aclaró al sector que no se pueden equiparar las áreas de protección con medidas de manejo pesquero como los polígonos de pesca del atún, por lo que el país no cuenta con tales niveles de protección de su recurso marino. También se afirmó que la propuesta podría dejar sin trabajo un gran número de personas, pero se contraargumentó que no existen estudios que respalden esa afirmación. Por el contrario, la evidencia mundial indica que la protección de sectores marinos puede producir mejores condiciones de pesca. Esto,

por factores como el efecto de desborde y la mayor abundancia de especies dentro de los sectores protegidos. Del mismo modo, la actividad turística es una actividad en auge que se fundamenta en espacios adecuadamente protegidos. Se indicó que la declaración de un área de esas dimensiones incidiría en que la pesca se deberá concentrar en un espacio muy pequeño del mar patrimonial del país. Se argumentó que las flotas tendrán acceso al 70 % del mar costarricense, sin áreas protegidas y que dentro del área marina de manejo se puede practicar la pesca regulada.

Propuesta técnica

Luego de realizar los estudios técnicos respectivos y ejecutar las diferentes etapas de consulta pública y técnica, se formuló una propuesta para la ampliación del PNIC y el AMMMS del Bicentenario. Esta propuesta integró los vacíos de conservación identificados en estudios previos, las recomendaciones de diversos análisis técnicos y la información proporcionada por varios actores durante el proceso de consulta. Asimismo, incluyó la protección de los elementos focales de manejo identificados con anterioridad.

Para la propuesta técnica de ampliación se utilizó la herramienta de priorización espacial de la conservación denominada Marxan ([Ball et al., 2009](#)), basada en el algoritmo *simulated annealing*. Esta metodología, ampliamente utilizada a nivel mundial, identifica sitios complementarios para alcanzar la eficiencia de implementación de ciertas metas en cada uno de los objetos de conservación antes definidos y busca minimizar el costo socioeconómico que las medidas de conservación que se implementarán puedan incidir de forma negativa en los usuarios de los sectores marinos contemplados en el proceso de ampliación. Además, se establecieron zonas prioritarias de conservación en la Zona Económicamente Exclusiva, de tal manera que dichos insumos permitieran conocer la importancia de los sitios en las zonas adyacentes al PNIC y del AMMMS. Este análisis se realizó utilizando datos proporcionados por diferentes instituciones ([figura 2.1](#)).

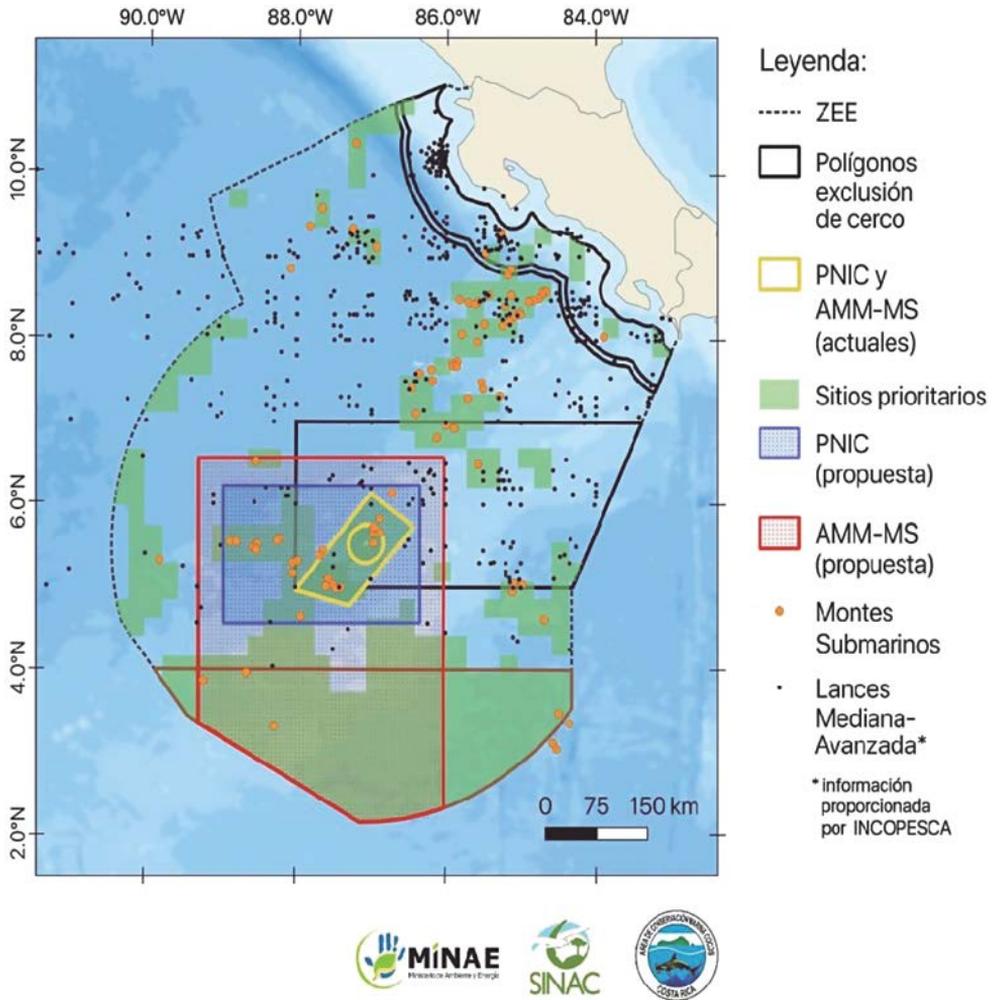


Figura 2.1. Propuesta de Ampliación Parque Nacional Isla del Coco y Área Marina de Manejo Montes Submarinos del Bicentenario y sitios prioritarios de conservación.

Fuente: SINAC-ACMIC, 2021.

Controversia

Posterior al proceso de consulta, el Ejecutivo aceptó la propuesta técnica y se estructuró mediante el Decreto Ejecutivo N.º 43368-MINAE, que planteaba la ampliación del PNIC de 1997 km² a 54 913 km² y del AMMMS del Bicentenario de 9 649 km² a 105 063 km² para alcanzar un total de 159 976 km² de protección entre ambas áreas protegidas. Con esto se logra la protección de un importante porcentaje de la Zona Económicamente Exclusiva de Costa Rica, que representa la mayor protección para las especies pelágicas que se mueven entre diferentes áreas y sitios ubicados en el Pacífico Este Tropical. Asimismo, protege ecosistemas sensibles de los montes y pináculos submarinos, muchos de ellos importantes puntos calientes de productividad, además, conservaba muchas especies endémicas, residentes y migratorias con diferentes grados de vulnerabilidad, por acciones antrópicas y mejora un sitio de alto interés para actividades de turismo responsable.

La ampliación de las dos áreas silvestres protegidas generó que diferentes grupos presentaran una acción de inconstitucionalidad ante la Sala Constitucional de Costa Rica, la cual fue acogida para su estudio y fue resuelta el 17 de abril del año 2024. La sala rechazó por unanimidad los argumentos presentados, acreditando entre otras cosas que se llevó a cabo un proceso de consulta previo al dictado del decreto ejecutivo.

Por otra parte, en el análisis se constató que se realizaron estudios técnicos que demostraron un fundamento especializado para brindar mayor protección al PNIC y al AMMMS del Bicentenario, respetando el principio de racionalidad ([Chacón V., Semanario Universidad, 24 de abril 2024](#)). Los anteriores criterios emitidos por la Sala Constitucional, así como el proceso llevado a cabo por las instituciones responsables, tanto el MINAE, como el SINAC y el Área de Conservación Marina Isla del Coco son un ejemplo de cómo revisar los límites de las áreas protegidas y, en algunos casos, cómo plantear la ampliación o revisión de las categorías de manejo para hacerle cambios. Esto basado en el cuidado que se mantuvo durante el proceso y el respeto a la legislación nacional para resolver de forma adecuada cuando se evidencian controversias entre diferentes sectores, como es en este caso.

Es de rescatar la necesidad de estudios técnicos que fundamenten la toma de decisiones, los cuales son procesos que, por lo regular, llevan años, y pueden ser onerosos por lo cual deben presupuestarse y planificarse en el medio plazo, igualmente es relevante la participación ciudadana y llevar a cabo, procesos de consulta donde se dé espacio a los diferentes sectores o actores involucrados, aunque haya diferencias de criterio, procesos que en la mayoría de los casos por la especificidad y complejidad de la materia debe ser acompañado por expertos. Por otra parte, es relevante el hecho de que se busque con mayor interés modelos de gobernanza donde los diferentes grupos tengan participación en la toma de decisiones y administración de áreas protegidas, en especial aquellas donde se permite el uso racional de los recursos como es el caso de las áreas marinas de manejo, debido a que fortalece el interés de los diferentes grupos y genera beneficios para los actores involucrados. La ampliación de las áreas protegidas conlleva compromisos técnicos y financieros que deben asumirse para hacer frente a las responsabilidades de manejo y las consecuencias que se generan en los ecosistemas y especies por el cambio climático. La experiencia costarricense evidencia que la participación de la cooperación internacional y los donantes en materia ambiental han sido fundamentales para impulsar procesos de manejo y administración de las áreas protegidas junto con el ejecutivo, razón por la cual las áreas de conservación y el SINAC, deben fortalecer estos procesos que han demostrado ser beneficiosos para los retos de administración de un sistema, complejo como el de Costa Rica.

Referencias

- Arauz, R., y Hearn, A. (2014). Movimientos migratorios de tiburones marcados en la Isla del Coco. En *Memoria Taller Interinstitucional de Implementación de Medidas CITES para el Tiburón Martillo, Tiburón Punta Blanca Océánico y la Manta Raya*. Heredia, Costa Rica
- Ball, I., Possingham, H.P. & Watts, M.E. (2009). Marxan and Relatives: Software for Spatial Conservation Prioritization. *Spat Conserv prioritization Quant methods Comput tools* (eds. Moilanen, A., Wilson, K.A. & Possingham, H.P.). Oxford: Oxford University Press.

- Boza, M. A. (2015) *Historia de la conservación de la naturaleza en Costa Rica: 1754-2012*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Boza, M., Mendoza R. (1981). *Los parques nacionales de Costa Rica*. San José, Costa Rica: INCAFO.
- CBD (Convención de Diversidad Biológica). (2016). Ecologically or Biologically Significant Areas (EBSAs)-Corredor Marino del Pacífico Oriental tropical. <https://chm.cbd.int/database/record?documentID=204045>
- Chacón, V. (2024). Sala Constitucional valida ampliación de límites de Parque Nacional Isla del Coco. *Semanario Universidad*, 24 de abril.
- Hilje, L. (2013). *Trópico agreste*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- SINAC. (2008). GRUAS II: Propuesta de Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Volumen 3: Análisis de vacíos en la Representatividad e Integridad de la biodiversidad marina y costera. *Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET)*. San José, Costa Rica.
- SINAC. (2013). *Plan de Manejo del Área Marina de Manejo de Montes Submarinos (AMM MS)*, Costa Rica. Área de Conservación Marina Isla del Coco (ACMIC). San José-Costa Rica. 102 p.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación-Área de Conservación Marina Isla del Coco. (2021). *Estudio Técnico. Propuesta de creación, ampliación y cambio de categoría de manejo de las áreas silvestres protegidas del Área de Conservación Marina Cocos según lo dispuesto en los artículos 71 y 72 del Reglamento de la Ley de Biodiversidad N.º 7788 y el artículo 36 de la Ley Orgánica del Ambiente N.º 7554*.



Pesca de pequeña escala y conservación marina: hacia un enfoque de derechos humanos y el cumplimiento de los compromisos internacionales

Marvin Fonseca Borrás¹⁰

Vivienne Solís Rivera¹¹

Costa Rica ha construido un Estado que garantiza un conjunto de derechos individuales y colectivos consagrados constitucionalmente. Además, se ha establecido como un país que reconoce las diferencias multiétnicas y culturales; esto gracias a su Constitución Política (artículos 1, 7, 33, 50, 73 y 74). Asimismo, se ha edificado un andamiaje robusto que, desde el Poder Ejecutivo, permite

10 M.Sc. Marvin Fonseca Borrás, CoopeSoliDar, mfonseca@coopesolidar.org

11 M.Sc. Vivienne Solís Rivera, CoopeSoliDar, vsolis@coopesolidar.org / CoopeSoliDar R.L: www.coopesolidar.org

la implementación de acciones necesarias para garantizar la convivencia efectiva, oportunidades, seguridad social y el reparto de la riqueza. Pese a esta aspiración constitucional y al desarrollo de las instituciones, en el país se identifican vacíos en algunos sectores de la población. Esto limita las oportunidades a las personas, tales como las que están vinculadas a la pesca artesanal de pequeña escala.

Avances internacionales para la defensa de los derechos de los pescadores/as de pequeña escala

El Consejo de Derechos Humanos, organismo intergubernamental de las Naciones Unidas encargado de fortalecer la promoción y protección de los derechos humanos (55o período de sesiones-A/HRC/55/49-2024) subrayó que la pesca de pequeña escala es una actividad más social, cultural y política que técnica, y que los Estados deben garantizar procesos públicos y transparentes que enfrenten la persistente marginación y exclusión política de las comunidades dedicadas a la pesca a pequeña escala considerando los impactos producto de la economía azul y la crisis climática. Lo anterior implica, entre otros elementos, participar de forma activa y libre, en el proceso de toma de decisiones relativas a la preparación y aplicación de las políticas, programas y proyectos que afecten sus vidas; así como la adopción de medidas para combatir la discriminación de género, la protección social y el trabajo decente, los derechos de tenencia de tierra y marina, la gestión de pesca, acceso a los sistemas de salud, educación, seguridad alimentaria, entre otros.

Desde diferentes órganos de Naciones Unidas se han aprobado instrumentos internacionales vinculantes. Estos han sido ratificados por el Gobierno de Costa Rica, y están orientados a reconocer el aporte de la pesca en pequeña escala desde un enfoque de derechos humanos, tales como la Declaración Universal de Derechos Humanos, la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1992), el Acuerdo de las Naciones Unidas sobre las Poblaciones de Peces (1995), el Convenio de Diversidad Biológica (1992), Convenio sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes-Convenio 169 (1989) y la Declaración de

las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (2007). Sumado a estos instrumentos, los Gobiernos parte de la Organización Mundial de la Agricultura y los Alimentos (FAO) han suscrito otros instrumentos no vinculantes que también instruyen a las instituciones para avanzar en este sector bajo un marco de derechos humanos, tales como las Directrices Voluntarias para Lograr la Sostenibilidad de la Pesca en Pequeña Escala en el Contexto de la Seguridad Alimentaria y la Erradicación de la Pobreza (DPPE), aprobadas por el Comité de Pesca (COFI) de la FAO, en el 2014, y suscrito en el país con del Decreto Ejecutivo N.º 39195 MAG-MINAE-MTSS-2015.

Pese a lo anterior, el peso de la toma de decisiones se ha centrado en una visión de preservación de la biodiversidad en los océanos, la conservación marina, la ciencia, la tecnología y la economía azul; con una escasa participación de los pescadores/as de pequeña escala en el concierto internacional y toma de decisiones globales (figura 3.1). Recientemente (2022), con el objetivo de incidir en los foros internacionales promovidos por las Naciones Unidas, organizaciones nacionales, regionales e interregionales que representan a la pesca artesanal de pequeña escala en todo el mundo, procedentes de África, Pacífico, Asia, Europa, Sudamérica y Mesoamérica, presentaron dos documentos que plantean las principales demandas del sector ante las autoridades internacionales: Una llamada a la acción de la pesca artesanal de pequeña escala y las Normas de conducta para trabajar con pescadores/as artesanales y trabajadores de la pesca de pequeña escala para salvar nuestro océano.

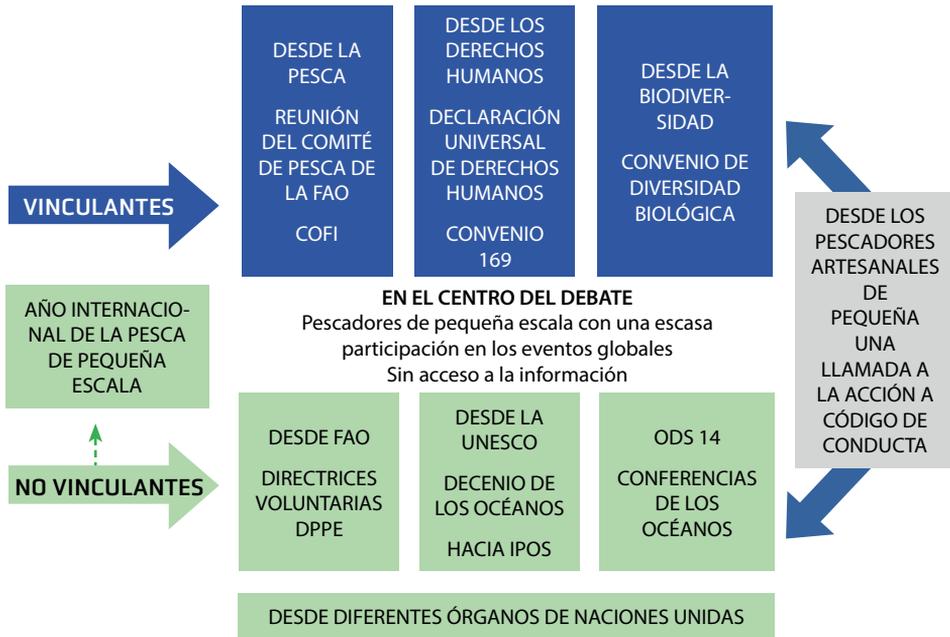


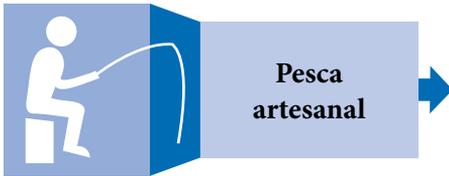
Figura 3.1. Un complejo panorama internacional, con escasas oportunidades a los representantes de pesca de pequeña escala.

Fuente: Elaboración propia.

Situación de la pesca de pequeña escala en Costa Rica

Conforme lo dicta la legislación nacional, las competencias de conservación, fomento, control pesquero y las acciones de preservación están bajo la responsabilidad de diferentes instituciones. El aprovechamiento marino también recae sobre ellas. Por lo tanto, una gestión integral de los espacios marinos es compleja. La rectoría sobre las especies de pesca comerciales y el fomento pesquero corresponde al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del Instituto Costarricense de Pesca Acuicultura (INCO-PESCA). Por su parte, los ecosistemas de manglar son competencia del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), conforme lo establece la Ley Orgánica del Ambiente N.º 7554, mientras los permisos del aprovechamiento de los moluscos recaen en INCOPEPESCA, según lo indica un estudio

avalado por el SINAC. Por otro lado, los temas de control y vigilancia marina son competencia del Servicio Nacional de Guardacostas del Ministerio de Seguridad Pública; y en las áreas marinas protegidas, la competencia de control y vigilancia recae en el MINAE/SINAC. Según la Ley N.º 8436, de Pesca y Acuicultura (LPA)/2005, la flota de pesca de pequeña escala está integrada por la pesca artesanal, pesca comercial de pequeña escala y pesca para el consumo doméstica, definidas respectivamente como:



Actividad de pesca realizada en forma artesanal por personas físicas, con uso de embarcación, en las aguas continentales o en la zona costera y con una autonomía para faenar, hasta un máximo de cinco millas náuticas del litoral que se realiza con propósitos comerciales (LPA, artículo 2, inciso 26).



Pesca realizada en forma artesanal por personas físicas, sin mediar el uso de embarcación, en las aguas continentales o en la zona costera, o la practicada a bordo de una embarcación con una autonomía para faenar hasta un máximo de tres millas náuticas del mar territorial costarricense (LPA, artículo 2, inciso 27a).



Entiéndese como pesca para el consumo doméstico la que se efectúa desde tierra o en embarcaciones pequeñas, únicamente mediante el uso de cañas, carretes o cuerdas de mano, sin propósito de lucro y con el único objeto de consumir el producto para la subsistencia propia o de la familia (LPA, artículo 77).

En términos sociales y productivos, la situación de la pesca artesanal de pequeña escala es compleja y —con base en CoopeSoliDar R.L. (2023) y el Programa el Estado de la Nación (2022)—, se esboza lo siguiente:

1. **Gobernanza:** la LPA plantea que el Estado brindará el apoyo en materia financiera, de salud, seguridad y bienestar social a todas las personas que se dediquen a la actividad pesquera y acuícola (LPA, artículo 170). Según el espíritu de la LPA, existe una responsabilidad de la institucionalidad de atender al sector pesquero de forma integral y por su condición productiva, la cual no se ha cumplido en su totalidad.
2. **Registro del sector de pesca artesanal de pequeña escala:** el país no cuenta con un censo pesquero, ni datos robustos que permitan conocer con precisión el número de personas de integra este sector, lo que repercute de manera directa en la imposibilidad de contar con presupuesto estatal, atención institucional e, incluso, generación de normativa pública que permita atender los problemas estructurales del sector de pequeña escala.
3. **Reconocimiento de las mujeres en la actividad de pesca de pequeña escala:** las actividades pesqueras se han considerado solo como “trabajo de hombres”. Sin embargo, estudios realizados por CoopeSoliDar R.L. (2019) evidencian que las mujeres pescadoras y recolectoras de moluscos desarrollan alrededor de 25 labores claves para la pesca de pequeña escala que no se reconocen, lo que invisibiliza el aporte de las mujeres en la cadena de producción: prepesca, pesca y postpesca.
4. **Trabajo digno y decente:** el derecho al trabajo está consagrado en la Constitución Política. Dados los vacíos de información científica y de la población vinculada a la actividad de pesca de pequeña escala, el Estado costarricense no ha logrado garantizar el derecho al trabajo digno y decente a este sector productivo. Como resultado, el sector de pesca de pequeña escala se desarrolla en la informalidad y la no documentación.

La Contraloría General de la República, mediante oficio DFOE-EC-IF-14-2012, del 27 de noviembre de 2012, señaló la necesidad de la realización de estudios científicos y técnicos a la flota artesanal para el otorgamiento de licencias. INCOPECA, desde esas circunstancias, no ha entregado licencias, lo cual deja en la informalidad a la mayoría de las personas que integran el sector artesanal de pequeña escala ([Contraloría General de la República, 2012](#)).

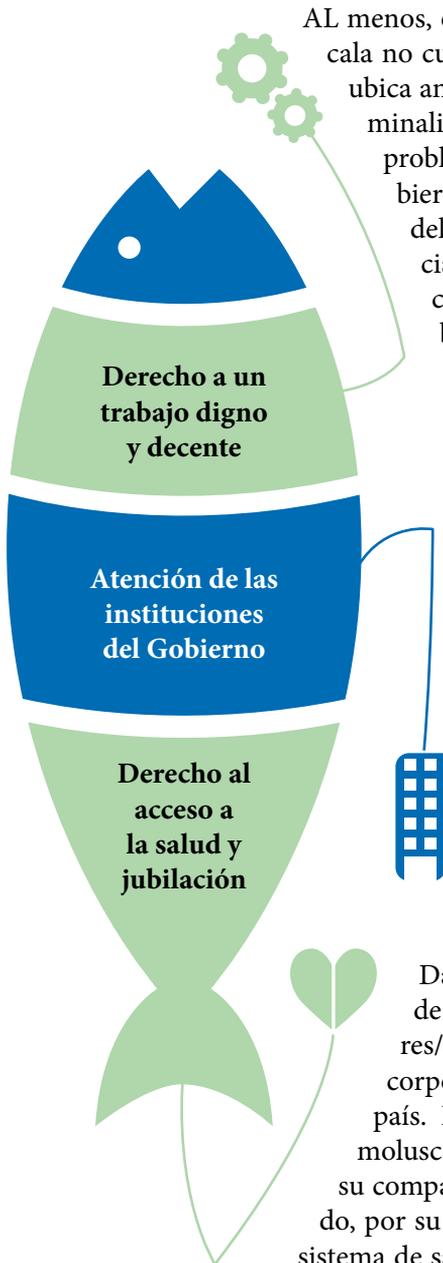
INCOPECA, según la LPA, artículo 104, es la instancia responsable de realizar el acto administrativo de otorgar las licencias, las autorizaciones, los permisos y las concesiones, así como sus prórrogas, conforme al estudio previo realizado por el INCOPECA o del MINAE, según corresponda, para cada caso particular. Desde un abordaje de derechos humanos, los vacíos de información y estudios como un impedimento para la emisión de los permisos de pesca, es también un elemento cuestionable. Por ejemplo, para la solicitud y emisión posterior de una licencia de pesca deportiva, no se exigen los estudios científicos que son demandados a la pesca de pequeña escala. Más complejo aún, el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS) no tiene incluida ninguna categoría salarial u ocupación relacionada con la pesca artesanal de pequeña escala. En el año 2020 producto de una consulta realizada por la FAO, el MTSS presenta los resultados de un estudio de las ocupaciones del trabajo relacionadas con la actividad pesquera. La investigación reconoció que la institución no ha hecho ningún ajuste de ocupaciones en 20 años y reconoce la actividad: peón de pesca o pescador artesanal peón —trabajador en ocupación no calificada—; pescador artesanal (capitán de la lancha) —trabajador en ocupación semicalificada—; peladoras de camarón y recolector de todo tipo de moluscos —trabajador en ocupación no calificada—. En la sesión ordinaria N.º 5616, el Consejo Nacional de Salarios, se acuerda la intención de revisar y actualizar este documento, principalmente de cara al Marco Nacional de Cualificaciones.

5. **Desarrollo social:** según el índice de desarrollo social ([MIDEP-PLAN, 2023](#)), el Índice de progreso social ([CLACDS-INCAE, 2024](#)) y el Atlas de desarrollo humano cantonal ([PNUD, 2023](#)), las zonas costeras son los espacios geográficos que presentan los mayores

índices de deterioro social y menores índices de desarrollo humano en Costa Rica. La información que plantean dichos índices refleja la necesidad de avanzar como país en el cumplimiento de los tratados internacionales y la normativa nacional vigente. Esta orientación garantiza condiciones que le permitan a este sector de la población contar con oportunidades básicas de educación, salud y trabajo — pilares fundamentales en un abordaje de derechos humanos—. La carencia de una información oficial sobre la población vinculada a la pesca de pequeña escala es una forma violenta que deja vulnerables a las personas vinculadas al sector, ya que imposibilita el desarrollo de políticas públicas y el otorgamiento de presupuestos que puedan atender sus necesidades. En este marco, las mujeres vinculadas a la pesca de pequeña escala son el grupo de la población más impactado; esto debido a que su trabajo se invisibiliza mayormente en relación con el aporte que brindan los hombres. Asimismo, no contar con un derecho a la tenencia de tierra y un acceso al aprovechamiento formal del mar, provoca desarraigo y migración de estas poblaciones que no pueden desarrollarse y asentarse en las zonas costeras. Esta situación afecta, en particular, a la población joven, que no cuenta con oportunidades reales de desarrollo en sus territorios costeros; condición que aprovechan otros sectores económicos como el turístico e inmobiliario.

Casos concretos de afectación de derechos de los pescadores/as de pequeña escala

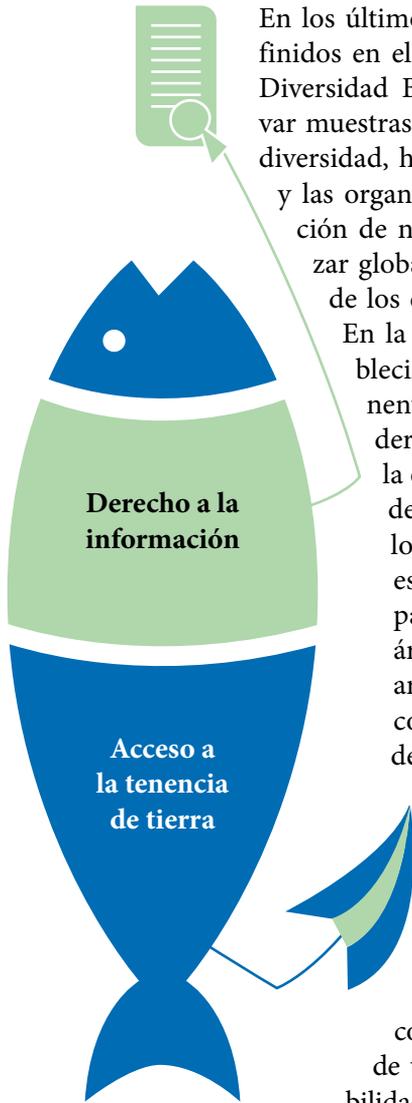
Según estimaciones presentadas en PEN (2022), el sector de pesca de pequeña escala involucra alrededor de 16 000 personas; no obstante, en el mismo informe se señala la participación de unas 30 000 personas involucradas. A continuación, se presentan algunos de los principales impactos que está experimentando la población vinculada a la pesca de pequeña escala:



AL menos, ocho de cada 10 pescadores de pequeña escala no cuentan con un permiso de pesca; lo que los ubica ante la ley como pescadores ilegales. Esto criminaliza a las personas que realizan la actividad. El problema radica en que es una obligación del Gobierno, a través del INCOPESCA, la realización del acto administrativo para otorgar las licencias de pesca, con base en los estudios técnicos necesarios que justifiquen, conforme a la biomasa pesquera disponible.

Las instituciones del gobierno no cuentan con una estadística oficial y actualizada de las personas que viven de forma directa o indirecta de la actividad de la pesca artesanal de pequeña escala. Ante este vacío de registro, las instituciones del gobierno atienden a esta población por su condición de pobreza y no por su actividad laboral, siendo esta, una de las razones por la que los programas de atención social del gobierno no son capaces de atender los problemas sociales y económicos de esta población.

Dada la condición de informalidad del sector de pequeña escala, la mayoría de los pescadores/as y recolectores de moluscos no estén incorporados al sistema de salud y jubilación del país. Las mujeres pescadoras y recolectoras de moluscos han acezado el derecho a la salud, cuando su compañero de vida la ha asegurado o bien, cuando, por su condición de pobreza, son cubiertas por el sistema de salud pública. No obstante, aquellas mujeres que acceden al derecho de la salud se le cercena el derecho a la jubilación.



En los últimos años, como producto de los acuerdos definidos en el Marco Mundial Kunming-Montreal para la Diversidad Biológica (MGB) (CDB, 2022), para preservar muestras de ecosistemas marinos importantes para la diversidad, han aumentado las acciones de los gobiernos y las organizaciones ambientales por proponer la creación de nuevos espacios marinos protegidos y, alcanzar globalmente, al menos, la conservación del 30 % de los espacios marinos y continentales protegidos.

En la experiencia nacional, en el proceso de establecimiento de áreas protegidas marinas y continentales, no se ha cumplido por completo con el derecho a la información, consulta y derecho a la objeción, consagrados en la en la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas y en el Convenio 169. De esta forma, en muchos casos de creación de espacios protegidos o de ampliación marina de áreas silvestres protegidas, los pescadores/as artesanales de pequeña escala no han contado con la información necesaria de los impactos de las medidas de conservación.

Un problema frecuente es que las comunidades pesqueras y sus centros de acopio están ubicados en las zonas marino-costeras a 200 m (zona pública: 50 m de la pleamar, zona restringida: 150 m restantes). Por lo cual, los pescadores/as no cuentan con el reconocimiento de los derechos sobre la tenencia de tierra, y genera un incremento en la vulnerabilidad a estas comunidades. Algunos ejemplos son el caserío de pescadores/as en la playa en el muelle de Tambor, Puntarenas; la comunidad de Barra de Colorado, asentada en terreno de la Junta de Administración Portuaria y de Desarrollo Económico de la Vertiente Atlántica de Costa Rica (JAPDEVA) y las molusqueras de la comunidad de Chomes, que una mayoría de ellas han establecido sus hogares en el manglar.

Ejemplos positivos de defensa de derechos de los pescadores/as de pequeña escala

En los últimos años se han realizado acciones y avances en la generación de política pública con el objetivo de brindar respuestas a la situación crítica que experimentan los pescadores/as y recolectores/as de moluscos de pequeña escala como se identifica a continuación:

Áreas de Pesca Responsable: En el año 2009, mediante Decreto Ejecutivo 35502/2009, se reconoció la categoría de Área Marina de Pesca Responsable, que es una medida de aprovechamiento pesquero y conservación de la biodiversidad basada en un área marina que garantiza el derecho de la pesca y participación en el proceso de toma de decisiones por parte de los pescadores/as de pequeña escala, mediante un modelo de gobernanza y manejo compartido. Lo anterior conforme a un Plan de Ordenamiento Pesquero (POP) elaborado en forma conjunta entre los representantes de la comunidad pesquera solicitante del área y el equipo técnico del INCO-PESCA, el cual una vez avalado por la Junta Directiva del INCO-PESCA, se reconoce el área marina. En la actualidad cuenta con 13 Áreas Marinas de Pesca Responsable, en ambas costas del país.

Aportes en la lucha de derechos humanos liderados por la Red de Áreas de Pesca Responsable y Territorios Marinos de Vida [La Red]

La Red es una iniciativa de representantes de pescadores/as artesanales de pequeña escala, que inició en el año 2004, con el objetivo de contar con una voz de este sector. En el año 2015, se consolidó como un grupo abierto conformado por representantes de comunidades locales, afrodescendientes e indígenas, pescadores/as y recolectores/as de moluscos de pequeña escala, con un esfuerzo concentrado a la defensa de los derechos y resolución de los temas estructurales que enfrenta el sector de pesca de pequeña escala. En la actualidad la Red está conformada por 22 comunidades y se estiman unas 7000 personas directa e indirectamente.

La Red ha organizado tres congresos nacionales de pescadores de pequeña escala y como resultado, se han elaborado tres declaraciones que atienden los principales problemas estructurales a resolver del sector de pesca pequeña escala, que son claves para la definición de una hoja de ruta de trabajo (ver vínculos de las declaraciones en las citas bibliográficas).

La Red también apoyó la formulación y aprobación del Decreto Ejecutivo N.º 39195 MAG-MINAE-MTSS/2015, Aplicación Oficial de las Directrices Voluntarias para Lograr la Sostenibilidad de la Pesca en Pequeña Escala en el Contexto de la Seguridad Alimentaria y la Erradicación de la Pobreza. Este decreto significó un avance significativo en relación con el reconocimiento de la actividad de pesca desde un abordaje de derechos humanos. Desafortunadamente, las instituciones del Gobierno no han retomado este decreto, lo que es un incumpliendo constitucional.

La Red también aportó su conocimiento en el Decreto Ejecutivo N.º 42955-MAG/2021,

“Declaratoria de interés público del modelo de desarrollo del sector pesquero artesanal de pequeña escala contenido en la alianza público-privada por la pesca en pequeña escala en áreas marinas de pesca responsable y territorios marinos de vida” (denominada Modelo de Los 12 Remos). Esta norma define una estrategia de mejoramiento continuo de las organizaciones de pesca artesanal y recolección de moluscos de pequeña escala, basada en un enfoque de derechos humanos que parte del reconocimiento de las personas que se dedican a la actividad. Este modelo elimina el sesgo de la criminalización de la actividad (pesca ilegal), que permite a las instituciones del gobierno, empezando por el INCOPECA, SINAC/MINAE y el Servicio Nacional de Guardacostas, desarrollar un trabajo progresivo con la comunidad pesquera (PEN, 2022).

Recientemente, desde los representantes de la Red, se ha formulado el Proyecto de Ley denominado: “Ley General para la Sostenibilidad del Sector de Pesca Artesanal de Pequeña Escala”. En la actualidad, después de un período de ajuste a las observaciones realizadas por el equipo legal de la Asamblea Legislativa y una nueva consulta realizada a los representantes de pequeña escala en el año 2023 (Puntarenas, Caribe y Pacífico

Sur), se ha negociado con los diputados y diputadas representantes de las provincias pesqueras, a fin de que el proyecto de ley sea discutido con prontitud en el Parlamento.

Tanto, el Decreto Ejecutivo 39195 MAG-MINAE-MTSS (2015), el Decreto Ejecutivo N.º 42955-MAG (2021) y la propuesta de proyecto de ley se han elaborado conforme el DPPE, aprobados por la FAO-COFI, 2014. Estos tres instrumentos legales tienen como objetivo atender los problemas estructurales que enfrenta el sector de pequeña escala y exigir a las instituciones cumplir con la normativa vigente.

Conclusiones

El país cuenta con la normativa (constitucional, tratados internacionales aprobados por la Asamblea Legislativa, decretos ejecutivos e instrumentos voluntarios), a favor de promover un trabajo integral en el sector de la pesca de pequeña escala. No obstante, la gestión institucional no ha abordado los problemas que enfrentan las personas vinculadas al sector de la pesca de pequeña escala con un enfoque integral, ni de derechos humanos. No se ha logrado avanzar en el ejercicio de esta población a derechos, tales como el derecho al trabajo, la tenencia de tierra, el acceso al mar, a la salud y a la jubilación. Igualmente, se observan violaciones al derecho la información, a la consulta y a la objeción en los procesos de establecimiento de áreas protegidas marinas, consagrados en la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, el Convenio 169 y el Convenio de Diversidad Biológica. Lo anterior, sumado a un impulso de parte del Gobierno y las empresas privadas, a la promoción de una economía azul poco sostenible, lo que está generando un desarrollo injusto e inequitativo en las costas.

Recomendaciones

El Gobierno de Costa Rica debe atender de forma diferenciada al sector de pesca de pequeña escala; para ello, se debe definir una hoja de ruta bajo un abordaje de derechos humanos que incluya:

- Asegurar la implementación del Decreto Ejecutivo N.º 39195 MAG-MINAE-MTSS, “Aplicación oficial de las Directrices voluntarias para lograr la sostenibilidad de la pesca en pequeña escala en el contexto de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza”.
- Exigir al INCOPELCA, la implementación del Decreto Ejecutivo N.º 42955-MAG “Declaratoria de interés público del modelo de desarrollo del sector pesquero artesanal de pequeña escala contenido en la alianza público-privada por la pesca en pequeña escala en áreas marinas de pesca responsable y territorios marinos de vida” (Modelo de Los 12 Remos).
- Realizar las gestiones necesarias para que la Asamblea Legislativa apruebe y convierta en Ley, el proyecto “Ley General para la Sostenibilidad del Sector de Pesca Artesanal de Pequeña Escala”.
- Atender, de parte de las instituciones del Gobierno y organizaciones no gubernamentales ambientales, los planteamientos realizados los representantes de la pesca de pequeña escala en los foros globales, ante las autoridades de Naciones Unidas y los representantes de los gobiernos: a) Una llamada a la acción de la pesca artesanal de pequeña escala; b) Normas de conducta para trabajar con pescadores/as artesanales y trabajadores de la pesca de pequeña escala para salvar nuestro océano.

Referencias

Centro Latinoamericano de Competitividad y Desarrollo Sostenible del INCAE Business School (CLACDS-INCAE). (2024). Índice de progreso social cantonal. <https://public.tableau.com/app/profile/jaime3826/viz/IPSCantonal2024/IPSCantonal2024?publish=yes>

- Constitución Política de la República de Costa Rica (Const.). Art. 7, 33, 50, 73 y 74. 07/ noviembre de 1949. San José, Costa Rica.
- Contraloría General de la República (CGR). (2012). Informe sobre auditoría de carácter especial efectuada en el instituto costarricense de pesca y acuicultura (INCOPESCA) relacionado con el cumplimiento de sus funciones en materia de conservación del recurso marino. División de fiscalización operativa y evaluativa área de fiscalización de servicios económicos. Informe No. DFOE-EC-IF-14-2012 del 27 de noviembre, 2012. https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs_cgr/2012/SIGYD_D_2012022416.pdf
- CoopeSoliDar R.L. (2023). Estudio de caso: Análisis legal de los territorios y áreas conservadas por pueblos indígenas y comunidades locales en costa rica sobre territorios marino-costeros en Mesoamérica: Una visión para la atención de la pesca artesanal de pequeña escala. Autor: German Pochet. CoopeSoliDar R.L. San José, Costa Rica.
- FAO. (2015). Directrices voluntarias para lograr la sostenibilidad de la pesca en pequeña escala en el contexto de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza. Roma. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/33837264-fd46-49fa-afce-a370050691a2/content>
- Ley 7554 de 1995. Ley Orgánica del Ambiente. 4 de octubre de 1995. *Diario Oficial La Gaceta*, número 215 del 13 de noviembre.
- Ley 8436 de 2005. Ley de Pesca y Acuicultura. 1 de marzo de 2005. *Diario Oficial La Gaceta*, número 78 del 25 abril.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2023). *Índice de desarrollo social 2023*, Unidad de Análisis del Desarrollo. San José, Costa Rica: MIDEPLAN.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2020). Acta Ordinaria N.º 5616 (39-2020). <https://www.mtss.go.cr/elministerio/consejostripartitosydialogosocial/consejo-nacional-de-salarios/actas%20cns/2020/5616-2020.pdf> y <https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/Ye4P-LqDQqqjSD5jn6T4rQ>

- Naciones Unidas. (2007). Declaración sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas. https://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/DRIPS_es.pdf
- Naciones Unidas. (2022). Convenio sobre Diversidad Biológica. Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal. Montreal (Canadá). <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-es.pdf>
- Naciones Unidas. (2024). La pesca y el derecho a la alimentación en el contexto del cambio climático Informe del Relator Especial sobre el derecho a la alimentación, Michael Fakhri. <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/g23/267/73/pdf/g2326773.pdf>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2014). Convenio número 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes. Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas. Lima: OIT/Oficina Regional para América Latina y el Caribe. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ilo.org/es/media/443541/download&ved=2ahUKEwj7wp23_rGJAXwmYkEHQzsl6kQFnoECBsQAQ&usg=AOvVaw1rVh8aIAOldHqOXsyBcj4z
- Programa Estado de la Nación (PEN). (2022). Situación e implicaciones sociales y ambientales de la pesca artesanal de pequeña escala en Costa Rica / Vivienne Solís-Rivera y Marvin Fonseca-Borrás -- Datos electrónicos. San José, Costa Rica: CONARE - PEN. https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8386/Solis_V_Situacion_implicaciones_sociales_ambientales_pesca_artesanal_Costa_Rica_IEN_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2023). Atlas de Desarrollo Humano Cantonal en Costa Rica 2022. Costa Rica. <https://www.undp.org/es/costa-rica/atlas-de-desarrollo-humano-cantonal>

Otros vínculos relevantes

CAOPA. (2022). Una Llamada a la Acción de la pesca artesanal de pequeña escala [Folleto]. <https://caopa.org/wp-content/uploads/2022/12/Llamada-accion-ES-pdf-online.pdf>

CAOPA. (2022). Normas de conducta para trabajar con pescadores/as artesanales y trabajadores de la pesca de pequeña escala para salvar nuestro océano [Folleto]. https://caopa.org/wp-content/uploads/2023/04/Normas-de-conducta-PAPE_ES.pdf

CoopeSoliDar R.L. <https://coopesolidar.org/publicaciones/>

I Congreso Nacional de Pescadores (as) Artesanales y Molusqueras (os) de Pequeña Escala. https://drive.google.com/file/d/14kfpT_HqZ9jkh_djLsB4S-roF-urPq6F/view

II Congreso Nacional de Pescadores (as) Artesanales y Molusqueras (os) de Pequeña Escala. https://drive.google.com/file/d/1BjWB_M7JXJBY00rs7L1IbXkirfc5VnuZ/view

III Congreso Nacional de Pescadores (as) Artesanales y Molusqueras (os) de Pequeña Escala. https://drive.google.com/file/d/1qcuiU5A5P5vSDffNK2PmDXxSTk_sWM0w/view



Vulnerabilidad social costera e institucionalidad costarricense: evidencias para la mejora en la capacidad de agencia estatal y local

Mario Hernández Villalobos¹²

En las líneas litorales de Costa Rica (aproximadamente 450 km del océano Pacífico y 200 km del mar Caribe), existen 816 localidades, distribuidas en 70 distritos, según la división político-administrativa vigente. Estas poblaciones se encuentran en los niveles más altos de vulnerabilidad social, entendida como la condición de una población en desigualdad con respecto a otros grupos, que la expone a mayores afectaciones por la disminución de los recursos necesarios (materiales,

12 M.Sc. Mario Hernández Villalobos, Universidad Nacional, Instituto de Estudios Sociales en Población, Programa Interdisciplinario Costero, mario.hernandez.villalobos@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0001-7242-6973>

humanos y estatales) para enfrentar las problemáticas habituales de la vida en sociedad. Esta, a su vez, se incrementa por la exposición a condiciones ambientales propias del litoral, que en la actualidad son eventos relacionados con la variabilidad y el cambio climático, que en ocasiones pueden ser adversos (Hernández, 2023).

Esta vulnerabilidad social también se deriva de una sistemática desatención estatal que no propicia la efectiva aplicación de políticas públicas ni promueve la inclusión de estas zonas y sus poblaciones en las iniciativas estatales; lo que conduce a una problemática que limita las posibilidades de desarrollo humano integral.

Por otra parte, el Estado costarricense cuenta con un conglomerado de organizaciones públicas que conforman una institucionalidad descoordinada, en la cual confluyen 45 instancias que operan sobre la base de 42 actos administrativos y ocho leyes (Hernández *et al.*, 2021). Esta desarticulación fue identificada por la administración que, en el año 2013, promovió la Política Nacional del Mar, con el fin de abordar la atención desorganizada de las zonas marino-costeras y sus poblaciones; sin embargo, esta iniciativa pública no ha generado acciones de política que mitiguen el problema identificado.

El contraste de esos hallazgos con las competencias y funciones actuales de las organizaciones públicas relacionadas con las problemáticas costeras permitió alcanzar el objetivo de este aporte: evidenciar la inexistencia de una política pública integral en materia social costera que aborde dichas problemáticas de estas poblaciones. Se aborda esta temática desde el Programa Interdisciplinario Costero (PIC) del Instituto de Estudios Sociales en Población (IDESPO) de la Universidad Nacional, Costa Rica (UNA), donde se han realizado diversas investigaciones y procesos de extensión universitaria durante 24 años en el Golfo de Nicoya, y en tiempos recientes en el Pacífico sureste y el Caribe sur del país, con la intención de aportar al bienestar de las poblaciones costeras y la transformación de sus realidades hacia mejores condiciones de vida. Este alcance del PIC se logra a partir de sus objetivos específicos, relacionados con la investigación socioambiental aplicada, procesos de observación y análisis crítico de la política pública relacionada con zonas y poblaciones costeras, y mediante el fortalecimiento de las organizaciones costeras de base local a través de técnicas de acompañamiento social participativo.

De esta manera, como parte de las actividades de investigación del PIC, se realizaron dos investigaciones: una sobre la institucionalidad costarricense en la gestión costera y otra sobre la vulnerabilidad social costera en Costa Rica ([Hernández et al., 2021](#) y [Hernández, 2023](#), respectivamente), cuyos hallazgos y conclusiones se utilizan en este documento para remarcar la inexistencia de una política pública integral en materia social costera, que atienda dichas problemáticas de estas poblaciones y la importancia de promover las capacidades locales costeras para subsanar ese vacío en la institucionalidad pertinente.

Capacidad de agencia estatal y local

La vulnerabilidad social de poblaciones costeras es una condición derivada de una histórica y sistemática desatención estatal a los problemas de esas poblaciones, propia de una deficiente capacidad de la agencia del Estado. El término “capacidad” lo define la Real Academia Española como “la cualidad de algo o alguien de ser capaz de ejecutar la acción que se expresa”; dado lo anterior, se puede indicar que en regímenes estatales democráticos ello implica formular y ejecutar de manera eficaz políticas públicas, asidas a las instituciones y a la organización pública de dicho régimen. La “capacidad estatal” (también así conocida), se encuentra conceptualizada desde 1968 de manera explícita en diversas investigaciones de la ciencia política y la administración pública ([Cingolani, 2013](#)). Mientras, por otro lado, [Bertranou \(2015\)](#), determina la capacidad estatal en función del logro de la finalidad dispuesta en cada organización pública que conforma el Estado, la cual se fundamenta en la mejora de las condiciones de vida de la población. La búsqueda de esa mejora se sustenta en sus dotaciones humanas, sus competencias legales, su legitimidad y sus recursos organizacionales y de acción interorganizacional, que provocan políticas públicas, mismas que no están exentas de juegos de poder.

Una administración pública de las políticas por parte del Estado racional, con una prevalencia a la atención de los sectores más vulnerables, conlleva al incremento de las capacidades gubernamentales, que permitiría un aumento en la eficiencia de las políticas públicas y, en consecuencia, en la ejecución del gasto público ([Scartascini y Tommasi, 2014](#)). De esta forma, las posibilidades

que otorga el Estado a la ciudadanía a través de su institucionalidad determinan la participación de los liderazgos costeros en las decisiones sobre el territorio. Esta delegación se refiere a los derechos de agencia política que posee cada persona y que, voluntariamente o no, decide ejercer o ceder a otros para su implementación (O'Donnell, 2010). Todo ello se fundamenta en el Estado de derecho, que contempla el establecimiento de leyes y normas de menor nivel, como base de gobierno y de regulación de la convivencia social.

La existencia de liderazgos en las zonas costeras evidencia el poder de delegación. No obstante, para la mejora de la capacidad de las personas y las comunidades costeras, de modo que permita la obtención de metas para estas poblaciones, es necesario que esas personas líderes posean capacidades que les posibiliten manejarse en los andamiajes institucionales-administrativos y que cuenten con recursos para incidir en procesos de gestión pública acerca de sus problemáticas sociales.

Al respecto, Sen (1992, 1998) se refiere a la capacidad humana como la libertad de decisión para la consecución de propósitos deseados en función de las necesidades individuales y colectivas. Por ende, se podría indicar que el mejoramiento de la capacidad de los liderazgos costeros debería permitir el reconocimiento de los problemas sociales en situación de vulnerabilidad, para que dichas problemáticas puedan incorporarse a las agendas de resolución en el ámbito público. De esta forma, para que un problema social pueda ser atendido o abordado desde una política, es necesario su reconocimiento como un problema público (Subirats *et al.*, 2008).

Vulnerabilidad social costera en Costa Rica

En el estudio sobre la vulnerabilidad social costera de Hernández (2023), se definió técnicamente como una variable multicriterio de cinco subvariables que caracteriza a la población en sus elementos más críticos y que inciden de manera directa en la satisfacción de sus derechos humanos. Para el caso de estudio, tales subvariables además debieron contar con datos disponibles para todos los distritos costeros de Costa Rica, como la mínima unidad geoespacial que permite caracterizar la costa a nivel país.

Las subvariables seleccionadas fueron “población” (proyección al año 2020 por parte del Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC),

“pobreza” (porcentaje de la población con carencias críticas, según el INEC para el 2011), “organización local” (cantidad de organizaciones locales formales al año 2020, con base en la definición de la Ley de Desarrollo de la Comunidad de la Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad, DINADECO), “salud” (índice acceso a servicios de salud para el año 2017, datos elaborados por el Ministerio de Planificación y Política Económica, MIDEPLAN), “educación” (índice acceso a la educación para el año 2017, datos elaborados por MIDEPLAN) y “agua” (índice de desigualdad de acceso al año 2013, datos elaborados por el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

Los datos de cada variable se clasificaron en cinco rangos, referentes a las denominaciones “muy baja”, “baja”, “media”, “alta” y “muy alta” vulnerabilidad. Esto, según el criterio experto en cada caso. Dado que se partió de la premisa que la vulnerabilidad social, se encuentra representada de forma diferenciada en cada grupo de datos por las variables seleccionadas. El cuadro 4.1 muestra los criterios por variable.

Cuadro 4.1. Criterios para determinar el grado de vulnerabilidad según variable y datos disponibles por distrito, Costa Rica.

Variable	Fuente de datos	Criterio	Grado Vulnerabilidad
Población	INEC	Menor población por distrito	Muy alta
Pobreza	INEC	Mayor índice	Muy alta
Organización local	DINADECO	Menor cantidad de organizaciones formales	Muy alta
Salud	MIDEPLAN	Menor índice	Muy alta
Educación	MIDEPLAN	Menor índice	Muy alta
Agua	AyA	Menor índice	Muy alta

Fuente: Hernández, 2023.

Posterior a la clasificación de la vulnerabilidad según cada variable, se realizó una sumatoria ponderada de los valores por distrito, para nuevamente reclasificarlos en cinco grupos de datos mediante el criterio de intervalo equivalente. Por último, para determinar las condiciones “muy baja”, “baja”, “media”, “alta” y “muy alta” vulnerabilidad (figuras 4.1 y 4.2).

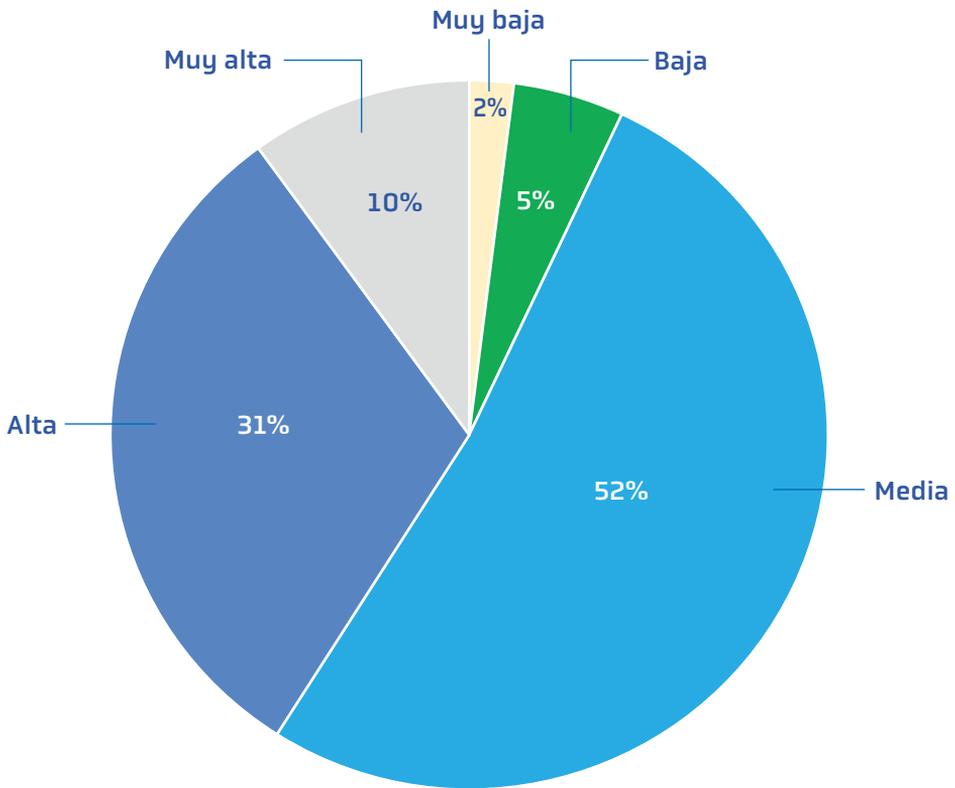


Figura 4.1. Distribución porcentual de la clasificación de la vulnerabilidad de los distritos costeros, Costa Rica.

Fuente: Hernández, 2023.

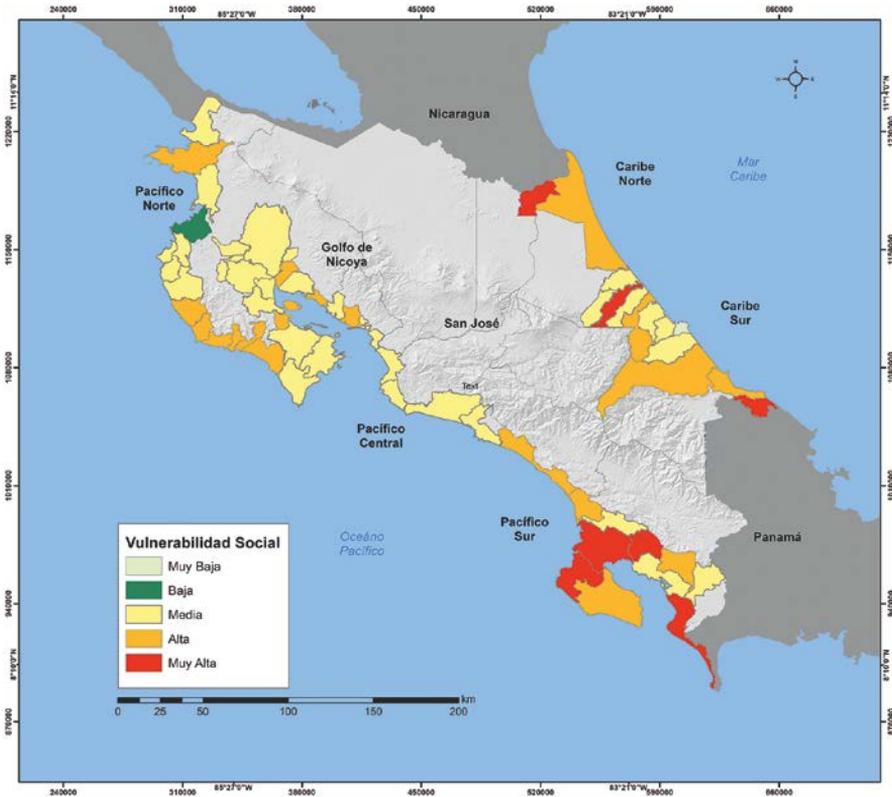


Figura 4.2. Mapa de distribución geográfica de los distritos costeros costarricenses, según su clasificación de vulnerabilidad.

Fuente: Hernández, 2023.

Los resultados obtenidos del análisis multicriterio (Hernández, 2023) confirmaron las condiciones de vulnerabilidad social en los distritos costeros de Costa Rica, ya que un distrito se identificó con vulnerabilidad “muy baja” y dos con nivel “bajo” de la variable analizada. El resto de los distritos mostraron categorías de “alta” a “muy alta”, que corresponden a los distritos localizados en las subregiones Pacífico sureste y Caribe (norte y sur). A su vez, coinciden con las valoraciones más bajas de la última versión del Índice de Desarrollo Social elaborado por MIDEPLAN (2023).

Institucionalidad de la gestión social costera

Por otra parte, y de manera complementaria, se realizó un análisis de los aspectos constituyentes, funcionales y operativos de las organizaciones públicas encargadas de la atención del desarrollo social costero costarricense, y se identificó la normativa vigente relacionada con la política pública costera de Costa Rica. Para ello, se revisaron 24 instrumentos formales de política nacional y planificación (Hernández *et al.*, 2021), de los cuales 17 presentaron objetivos, lineamientos, estrategias o metas asociadas a los aspectos marinos y costeros.

En estos instrumentos se logró identificar 160 metas que muestran acciones para atender el tema marino y costero, las cuales se relacionan con mayor frecuencia con el tema pesquero, la planificación y el ordenamiento espacial, así como con aspectos ambientales (un total del 93,7 % de las acciones), mientras que las acciones de estas metas relacionadas con la atención de aspectos sociales representan el 6,3 % (Hernández *et al.*, 2021). Lo anterior evidencia un importante desbalance en la gestión de las organizaciones públicas respecto a los temas sociales de las poblaciones costeras.

En la ejecución de las 160 metas o lineamientos mencionados, se identificó la existencia de 56 organizaciones responsables de la administración pública en relación con temas marinos y costeros. De estas, dos órganos son los más importantes en dicha responsabilidad: el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, que administra, regula y promueve el desarrollo del sector pesquero y acuícola, y la Comisión Nacional del Mar, que tiene a cargo la ejecución de la Política Nacional del Mar mediante un Comité de Gobernanza Oceánica, caracterizado por una operación discontinua desde su establecimiento en el año 2013.

Respecto a las organizaciones a las que les corresponde atender acciones específicas del sector social dentro del ámbito marino-costero, se identificaron cinco de un total de 56 (es decir, solo un 8,9 %). Por otra parte, se identificaron 11 organizaciones (19,6 %) que son de suma importancia en la agenda estatal sobre acciones en el sector marino y costero del país, esto se debe a la frecuencia de las asignaciones que se registran en

los instrumentos de planificación y política nacional. La planificación y el ordenamiento territorial de la costa se encuentran bajo la tutela de tres instancias estatales (5,3 %), además de las municipalidades costeras.

Consideraciones finales

La copiosa cantidad de instancias públicas y normas relacionadas con el ámbito de las zonas y poblaciones costeras en Costa Rica no ha logrado la articulación correcta de las acciones dirigidas a la atención integral de sus necesidades, que se reflejan en las condiciones de vulnerabilidad social descritas en este documento.

A lo anterior, debe sumársele que, actualmente, esa institucionalidad no se acopla a la realidad costera en el país, en dos factores externos que acrecientan la vulnerabilidad: el primero, relacionado con la variabilidad y cambio climático, que extrema eventos de dicha índole en el entorno de estas poblaciones. El segundo, se refiere al incremento de la criminalidad en zonas costeras por causa del narcotráfico y la suscripción de endeudamientos informales, cuyas luchas por territorialidad e incumplimientos en pagos de droga y deudas han generado un importante incremento en el número de homicidios. Sin duda alguna, estos dos factores tendrán que considerarse para futuras actualizaciones del estado de la vulnerabilidad social costera en el país.

Retomando el aspecto de la participación política ciudadana, es menester resaltar que un ejercicio efectivo de descentralización y redistribución de la administración de lo público a nivel regional o local podría incidir en la capacidad de gestión de personas líderes de las asociaciones de desarrollo integral y de las corporaciones municipales en las zonas costeras; ambos órganos cercanos a la realidad y problemáticas sociales, para así disponer de más insumos que faciliten la coordinación del aparato estatal. Lo anterior permitiría llevar a mejora las actuales e insuficientes posibilidades de gestión de los problemas sociales costeros, reflejadas en la brecha entre la gran cantidad de instrumentos de política pública sobre aspectos pesqueros y aquellos menos dirigidos a la atención de lo social.

Los liderazgos en las zonas costeras se encuentran limitados por un conocimiento parcial de los marcos normativos y administrativos de la gestión de lo público, el cual es propiciado por la multiplicidad y traslape de competencias y funciones de las principales organizaciones públicas atinentes a la población en zonas costeras. Lo anterior evidencia que los vacíos existentes en la capacidad de agencia estatal deben subsanarse para que las herramientas de la gestión de lo público en zonas costeras logren impulsar el mejoramiento de las capacidades locales y con ello las oportunidades de gestionar las problemáticas de las poblaciones allí asentadas e inmersas en condiciones de alta vulnerabilidad social.

La política pública como vía de atención de los problemas sociales representa una forma de atender las vulnerabilidades a las que se enfrentan las personas habitantes de zonas costeras; no obstante, mientras persista un desconocimiento de la normativa nacional vigente, seguirán en incremento las limitaciones para reconocer, gestionar y exigir la reorganización y el cumplimiento de las competencias de las organizaciones públicas. Por lo anterior, se considera de alta relevancia que esas instancias públicas mejoren su gestión y habiliten programas y proyectos para la capacitación de liderazgos locales costeros en lo atinente a las funciones de cada dependencia. La academia sin duda alguna puede facilitar estos espacios de aprendizaje, tal y como se lo ha propuesto el PIC como parte del acompañamiento a las organizaciones costeras de base local con las que trabaja.

Referencias

- Bertranou, J. (2015). Capacidad estatal: Revisión del concepto y algunos ejes de análisis y debate. *Revista Estado y Políticas Públicas*, 4.
- Cingolani, L. (2013). *The State of State Capacity: A review of concepts, evidence and measures* (No. 053). UNU-MERIT Working Paper Series. Netherlands: Maastricht University.
- Hernández, M. (2023). *Diagnóstico del contexto social de la población costera para procesos futuros de formulación de políticas públicas*. Programa Interdisciplinario Costero, Instituto de Estudios Sociales en Población, Universidad Nacional, Costa Rica.

- Hernández, M., Montoya, R., y Mora, P. (2021). *Compilación y revisión de competencias de organizaciones gubernamentales, legislación y políticas públicas relacionables a poblaciones costeras en América y Costa Rica*. Informe de actividad académica. Programa Interdisciplinario Costero, Instituto de Estudios Sociales en Población, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Ministerio de Planificación y Política Económica. (2023). *Índice de Desarrollo Social 2023*. San José, Costa Rica.
- O'Donnell, G. (2010). *Democracia, agencia y Estado: teoría con intención comparativa*. Buenos Aires: Prometeo Libros.
- Scartascini, C., y Tommasi, M. (2014). *Capacidades gubernamentales en América Latina: Por qué son tan importantes, qué se sabe sobre ellas y cuáles son los pasos a seguir*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Sen, A. (1992). *Inequality Reexamined*. Harvard: Harvard University Press.
- Sen, A. (1998). Las teorías del desarrollo a principios de siglo XXI. *Cuadernos de Economía*, XVII (29), 73–100. Bogotá.
- Subirats, J., Peter, K., Corinne, L., y Frédéric, V. (2008). *Análisis y gestión de políticas públicas*. Barcelona: Ariel Ciencias Políticas.



PARTE II
Identidad y océanos



Mujeres y pesca: una lectura local de la identidad, la subsistencia y el cambio climático

Carlos Morera Beita¹³
Sueli Angelo Furla¹⁴
Sandro Vieira Vox¹⁵

-
- 13 Dr. Carlos Morera Beita, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Geográficas, cmorera@una.ac.cr <https://orcid.org/0000-0002-4014-6122>
- 14 Dra. Sueli Angelo Furlan, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, sucaangf@usp.br, <https://orcid.org/0000-0001-9774-2331>
- 15 Lic. Sandro Vieira Vox, Universidade de São Paulo, Lab. Climatologia e Biogeografia, svox74@gmail.com

Los océanos han sido espacios fundamentales en la evolución del planeta y de las sociedades humanas. En la actualidad, se presenta una revaloración de las funciones de los océanos; en particular, en la legislación que potencia su conservación ecológica. Dichas leyes se fundamentan en normativas nacionales e internacionales desde la perspectiva de las amenazas que presenta el Antropoceno con los cambios climáticos. En las discusiones generadas alrededor del tema, se incentiva la generación de políticas públicas y se resaltan algunos aspectos que son relevantes, pero poco valorados; por ejemplo, la relación que establecen algunas comunidades locales ribereñas o costeras con los océanos, ante todo, con las mujeres que conforman un sujeto esencial en la identidad y la subsistencia. De esta forma, las mujeres han aportado históricamente y han sido actoras principales en la relación que han establecido las sociedades con los océanos, aunque la sociedad patriarcal las ha invisibilizado. Lo anterior está fundamentado en la relación de las mujeres con la seguridad alimentaria y con la erradicación de la pobreza, que se evidencia en su mayor parte en los países en vía de desarrollo.

Con base en esta falencia, este capítulo se centra en analizar la relación de las mujeres pescadoras con el océano desde un abordaje cualitativo, a partir de dos casos de estudios: Barra del Colorado, Costa Rica e Ilhabela, Sao Paulo-Brasil. En cada caso se realizó una entrevista en profundidad realizada a las mujeres lideresas y pescadoras (cuadro 5.1). Primero, se realizó con las entrevistadas un proceso de acercamiento que generara empatía y transparencia en las consultas. La selección de los casos se fundamenta en el conocimiento a partir de investigaciones previas, así como la condición de lideresas de estas mujeres en las dinámicas locales. Los resultados analizan aspectos como las historias de vida de estas mujeres, sus condiciones de trabajo y sus amenazas ante los efectos del cambio climático. Se concluye que desde un andamiaje político y económico, a las mujeres las han invisibilizado, aunque son guardianas de un conocimiento ancestral que en la actualidad se encuentra amenazado y que obliga a ser considerado en las discusiones sobre el manejo de los océanos.

Cuadro 5.1. Información básica de las mujeres entrevistadas.

Nombre de la entrevistada	Edad	Lugar	Fecha
Doña Neyba Martínez Forbes	65	Barra del Colorado, Costa Rica	21 de septiembre de 2024
Doña Perla Wilson Allen	80	Barra del Colorado, Costa Rica.	22 de septiembre de 2024
Doña Laurinda Maria de Moraes Lucio	65	Ilhabela, Sao Paulo, Brasil	09 de noviembre de 2021

Fuente: Elaboración propia.

La pesca artesanal: relevancia social

La pesca junto a la caza y, posteriormente, la agricultura y el pastoreo han sido actividades estratégicas en la evolución de las sociedades humanas. La relevancia de la pesca artesanal se mantiene hasta la actualidad, y se caracteriza por ser una actividad de pequeña escala ejercida en las orillas de los océanos, en las riberas de los ríos, en las márgenes de las ciénagas y los esteros. Este tipo de pesca ha sido afectada durante las últimas décadas por la contaminación de las aguas, los obstáculos de personas propietarias de espacios costeros, la pesca intensiva, la ocupación turística de las costas, entre otros factores (Figueroa, 2021). Para el caso de Costa Rica, la pesca artesanal, según la Ley de Pesca y Acuicultura, es el tipo de pesca que las personas realizan sin una embarcación en ríos y lagos o zona costera, o la pesca practicada a bordo de una embarcación con la posibilidad de trabajar hasta un máximo de tres millas náuticas del mar territorial costarricense (Ley 8436/1 de marzo de 2005). En Brasil, no existen estadísticas oficiales recientes de pesca que cuantifiquen los trabajadores y trabajadoras que participan en la pesca artesanal familiar; no obstante, los estudios indican que el país tiene el 70 % de su base alimentaria proviene de este tipo de

prácticas. A pesar de las dificultades, “el mar es el espacio de autonomía y resistencia, materia prima para la creación de utopías rústicas que marcan la identidad de pescadores y pescadoras” (Ribaric, 2020, p. 46).

Como lo plantean FAO y COOPESOLIDAR (2022), la pesca no se limita a una fuente de ingreso, sino es una forma de vida constituida por tradiciones y conocimientos que permiten la alimentación y educación de las familias; las mujeres participan para ayudar a la situación económica de sus hogares. En estos espacios, las necesidades obligan a las mujeres a participar en la pesca. La participación de las mujeres en las prácticas de pesca ha sido un tema que capta la atención de la investigación en las últimas décadas y que debe abordarse desde la experiencia, simbolismo de las propias mujeres (Gustavsson, 2020).

Aunque las condiciones de vida de las mujeres pescadoras son difíciles, se deben reconocer sus capacidades para el trabajo, la organización y la resiliencia, que les permiten afrontar situaciones de riesgo y vulnerabilidad tanto desde la perspectiva socioeconómica como ambiental (cambio climático), como lo plantea la Estrategia Integral para el Reconocimiento y Formalización de la Actividad Productiva de las Mujeres en las Principales Cadenas de Valor de la Pesca artesanal de Pequeña Escala, que Recupere los Conocimientos y Prácticas Tradicionales, elaborada por CoopeSoliDar R.L. (2019). Dicha estrategia es el resultado de un proceso de consulta a un grupo de mujeres pescadoras de Costa Rica. En Brasil, se han organizado iniciativas comunitarias en áreas protegidas en toda la costa brasileña a través de la CONFREM (Comisión Nacional para el Fortalecimiento de Reservas Extractivas y Pueblos Extractivos Marinos). En este movimiento por los derechos a la pesca artesanal, el mar no es un territorio sin gente, sino “un lugar antropológico denso, apropiado colectivamente por los pescadores artesanales a través de formas individuales, colectivas y comunitarias de acceso y tenencia que garantizan formas colectivas de supervivencia, convivencia y devenir” (Ribaric, *op. cit.*, p. 46). El concepto “maretorio”, formulado por las pescadoras se refiere al territorio acuático; por lo tanto, el mar —además de ser una base material para la reproducción de la sociabilidad tradicional— es donde se imprimen los marcadores simbólicos que mantienen viva la memoria colectiva del grupo. Estos vínculos conceptuales sustentan un sistema de significados de los cuales se aprende y evidencia

la existencia. Los sistemas políticos actuales, a escala nacional y local, han invisibilizado los conocimientos y prácticas tradicionales transmitidos por las mujeres a lo largo de generaciones. Estos saberes, fundamentales para la adaptación y mitigación del cambio climático, se encuentran en riesgo debido a las dinámicas del capitalismo global. Como resultado de su conocimiento ancestral establecen una relación espiritual con el mar, que en algunos casos se desconoce y que no se considera dentro de las discusiones de la política pública sobre el océano.

El modo de vida de las mujeres pescadoras y sus amenazas actuales

Las mujeres pescadoras entrevistadas para esta investigación, todas adultas mayores, dejan evidente sus condiciones de pobreza o extrema pobreza con familias extendidas y, en el caso de Costa Rica, la situación crítica se concentra en las costas (PNUD, 2023). En Brasil, la actividad pesquera originó varias culturas costeras regionales; entre ellas, los *jangadeiros*, *caiçaras*, *azorianos* y *praieiros* (Diegues, 2004). No obstante, los medios de vida de los pescadores y pescadoras artesanales están amenazados por la llegada de empresas a sus territorios y no existe un proceso equitativo de consulta y escucha a estas comunidades (Begossi, 1998). El “tiempo estructural” y el “tiempo ecológico” revelan identidades sociales de tiempo y espacio de “tierra” y “mar” redefinidas por las mujeres (Fadigas, 2009). Así, estudios feministas recientes sobre la pesca brasileña revelan la función de las pescadoras en los impactos culturales y económicos de la pesca. La definición misma de *pescadora artesanal* que se adopta aparece en las discusiones planteadas por Diegues (1999) cuando discute cómo las cuestiones identitarias y teórico-metodológicas que han guiado la antropología marina. A pesar de la invisibilidad de estas mujeres por parte del Estado, los artículos académicos y la sociedad en su conjunto, las mujeres son cruciales para la pesca artesanal. D. Laurinda María de Moraes pescadora y artesana como muchas en su comunidad menciona:

Mi nombre es Laurinda Maria de Moraes, 59 años, nací en la playa de Castelhanos, en este hermoso lugar. Nací aquí en Castelhanos y crecí en la ciudad, en São Sebastião. Después de un matrimonio fallido, me volví a casar aquí en Castelhanos, nací aquí y hoy ser mujer en este lugar, ser mujer en esta comunidad es muy importante, tenemos una vida sencilla pero muy placentera. Me gusta el mar, soy pescadora en primer lugar y en el fondo soy artesana, amo lo que hago, me gusta mucho este lugar....Nuestros hijos ya son la quinta generación y me siento halagada de vivir aquí hasta el día de hoy. Extraño los buenos tiempos que hubo, donde en el pasado era realmente una comunidad tradicional aislada. Hoy en día, debido al turismo desenfrenado, estamos perdiendo nuestra libertad, pero aparte de eso, amamos este lugar.

Otras investigaciones realizadas en la comunidad Castelhanos muestran que no existe división sexual del trabajo en la comunidad, es decir, roles sociales definidos por género (França y Oliveira, 2022). Esta condición es contraria al caso Costa Rica. Doña Perla —una de las entrevistadas de Barra del Colorado— crio once hijos, así como once más: entre nietos y otros niños adoptados de manera informal, lo que evidencia el dominio de mujeres solteras o separadas de sus esposos siendo ellas jefas de hogares y que conforman familias extendidas, dentro de la práctica de pesca. De esta forma, las mujeres dedicadas parcial o totalmente a las actividades de pesca presentan una mayor vulnerabilidad. El asidero está en la carga demográfica de los hogares, condiciones desventajosas de ingreso al mercado de trabajo, inequidad en las relaciones laborales y carencia de oportunidades derivadas de los estereotipos de género, de acuerdo con Peralta (2022).

Estas mujeres guardan el conocimiento tradicional de relacionarse con los océanos. Esto se entiende como los saberes sobre el mundo natural y sobrenatural, transmitidos de forma oral de generación en generación. Así, doña Laurinda de la Ilhabela, Sao Paulo-Brasil, replica con orgullo ser la cuarta generación de un linaje donde sus hijos e hijas representan la quinta generación que replica el conocimiento. Este manejo ancestral en algunas ocasiones se ha reconocido como derecho histórico de los pueblos

tradicionales (indígenas, afrodescendientes, Caiçaras¹⁶ entre otros) a sus territorios que incluye el acceso al mar. No obstante, en algunos casos, este conocimiento ancestral es amenazado ante el surgimiento de nuevas formas de ordenamiento territorial de la costa y los océanos, como lo plantea doña Neyba (figura 5.1) en su entrevista en el caso del establecimiento del Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado:

Nosotros siempre hemos peleado con MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). Esto lo cuidaron nuestros abuelos, nuestros antepasados, pero ellos vienen y dicen que lo están cuidando. ¿Desde cuándo? Si nosotros no hubiéramos cuidado de la montaña, no hubiéramos cuidado nada, no hubiera nada aquí. No hubiera humedales ni hubiera vegetación, pues nosotros las cuidamos, pero cuando se establece el refugio acá, nos hizo un gran daño. Cuando se estableció el refugio, nosotros no podemos cortar, ni la más *mínima* hoja en el monte. *Todas nuestras costumbres cambiaron para mal...*”.

Los nuevos modelos de ocupación de las costas y las condiciones ambientales de los mares arriesgan los modos de vida de los pueblos que lo habitan. De esta forma, los desarrollos de proyectos turísticos, la pesca intensiva, el establecimiento de espacios protegidos y el crecimiento del monocultivo son elementos que irrumpen el modo de vida de estas comunidades. En este caso, las mujeres son las personas que más se afectan, porque ellas tienen mayor arraigo e identidad en los territorios costeros. Así lo testifican las tres mujeres entrevistadas que, ha pesar de las vicisitudes, no han migrado hacia otros lugares. Como evidencia de lo anterior Doña Laurinda plantea que “... forman parte de una comunidad asfixiada por presiones externas, pero que resisten a través del tiempo”. Estas mujeres son evidencia de una cultura de resistencia contra las vicisitudes del capitalismo. Destaca el liderazgo de ellas, por ejemplo, el caso de la Señora Neyba participa en más de seis organizaciones (defensa del sistema de salud, de mujeres, afrodescendientes, mujeres emprendedoras, entre otros). De esta forma, un aspecto positivo que se ha identificado es que las mujeres, en

16 Categoría de los pueblos tradicionales resultado del interculturalidad de indígenas, portugueses y africanos esclavizados de los litorales de San Pablo y de Paraná, Brasil.

relación con los hombres, tienen mayor capacidad de organizarse y hasta liderar estos procesos. A diferencia de los hombres, las mujeres han mostrado una notable capacidad de agencia y resiliencia ante las adversidades socioeconómicas —como el caso de la señora Neyba con su participación en múltiples organizaciones—. Todo esto refleja una estrategia de resistencia y empoderamiento frente a las estructuras dominantes. Por lo cual, estas mujeres se convierten en agentes de cambio al liderar iniciativas que buscan transformar sus comunidades.



Figura 5.1. Doña Perla (izquierda) y Doña Neyba (derecha). Barra del Colorado, Costa Rica.

Fuente: @Carlos Morera, 21 de septiembre de 2024.

La pesca es un trabajo compartido y asimétrico

La pesca es un trabajo compartido entre hombres y mujeres que combina acciones para el mercado y para la subsistencia. Las dinámicas de la sociedad capitalista actual irrumpieron las capacidades ancestrales de las comunidades tradicionales que sustituyeron por la subsistencia. Se impuso un sistema de mercado basado en la oferta y la demanda, con funciones diferenciadas según género. En tanto, los hombres tienen mayor responsabilidad en las acciones de mercado, las mujeres están más centradas en aspectos de subsistencia. De esta forma, de acuerdo con la entrevista a doña Neyba, ella realiza acciones de pesca en forma permanente para la sobrevivencia. Y, en forma ocasional, cuando la Asociación de Pescadores de Barra del Colorado requiere tareas específicas, como la preparación (descabezado y desconchado) de los camarones la hacen para lo cual han organizado la Mujeres de la Asociación de Peladoras y Procesadoras de Camarón de Barra del Colorado.

En todas las entrevistas realizadas se identifica que la pesca para las mujeres es una actividad de subsistencia que apoya la alimentación del hogar y que, temporal, se transforma en una fuente de ingresos, que es sobreevaluada debido a las carencias económicas que enfrentan estas comunidades costeras. Este valor de la pesca y las actividades asociadas como *mariscar*, colecta de moluscos, entre otras, no está valorada económicamente como corresponde, aunque tiene una función relevante en subsistencia de estas familias. Así, mujeres como doña Neyba afirman que “ella, con lo poco que tiene, va a pescar y tienen resuelto la comida del día”. Y así, con la misma orientación, replicaba doña Perla, “... yo me iba en bote con los niños a pescar y me traía mi comida, me divertía con los niños y todo se me olvidaba”.

Por otro lado, la relación con el mar no solo se limita a la pesca, sino que emergen otros aspectos espirituales, filosóficos y creativos. Doña Laurinda, a partir de su experiencia de vida con el mar, se inspiró para crear una línea de artesanía que le genera un ingreso adicional (figura 5.2). Además, las dos mujeres entrevistadas en Barra del Colorado explicaban que sus condiciones de vida adversas le generaban depresiones y tristezas que eran amortiguadas cuando iban al mar. De igual forma, el abordaje de los mares y los océanos desde una perspectiva espiritual queda evidente en su

relación de vida con el mar, con comentarios como el expresado por doña Perla cuando afirma: “yo sin el mar me muero... Una vez me fui para San José y tuve que regresarme”. Por su parte, doña Laurinda menciona:

“Para mí vivir aquí no hay explicación. Primero, por la vista que tengo. Cuando abro la ventana de mi habitación temprano en la mañana, tengo el mar frente a mí; aire fresco, una vista maravillosa que nadie tiene y solo tengo. Estoy muy feliz, doy gracias a Dios todos los días por el lugar donde vivo, el lugar donde mi padre (Dios) me dio a luz, un poco de la creación...”



Figura 5.2. Doña Laurinda, Sao Paulo (2019).

Fuente: @SueliCFurlan, 17 de octubre de 2019.

Las mujeres pescadoras y el cambio climático

Las mujeres pescadoras emplean métodos de pesca tradicionales, como el uso de caña y línea; en la mayoría de los casos, lo hacen en pequeñas embarcaciones. Sin embargo, la falta de acceso a tecnologías modernas y las restricciones impuestas por el Plan de Manejo del Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado (SINAC, 2017), que prohíbe el uso de trasmallos y atarrayas, limitan sus opciones y reducen su productividad.

Las nuevas formas de pesca desplazan las formas tradicionales —que generan una escasa huella ecológica—. Esa sustitución implica el uso de formas que son más invasivas y deterioran las condiciones de productividad pesquera; así lo plantean las dos entrevistadas en la comunidad de Barra del Colorado. Ellas afirman que la cantidad de peces se reduce de forma paulatina. Este es el cambio más relevante que identifican las mujeres entrevistadas relacionadas con el cambio climático. No obstante, reconocen que históricamente ellas saben que el nivel del mar aumenta y se reduce. Por esta razón, sus casas están construidas sobre pilotes. Además, identifican que la naturaleza es dinámica, y que está en movimiento constante. Doña Neyba afirma que “el río cada año cambia su cauce y debemos entender para que no nos agarre desprevenidos”. Las dos mujeres reconocen condiciones de huracanes y tormentas más recias, aunque no se atreven a afirmar que es el cambio climático, porque este concepto no es algo que ellas dominen tal como lo presenta la ciencia. Ambas mujeres expresan una profunda preocupación ante el creciente problema de la contaminación marina por plásticos. Señalan que esta situación se agrava debido a un modelo de consumo insostenible que prioriza la producción y el descarte de productos plásticos, lo cual invisibiliza las alternativas y los impactos ambientales asociados.

Comentarios finales

La gestión de los océanos implica hacer abordajes multidisciplinarios y multisectorial que incorporen a todos los grupos sociales; entre ellas, comunidades tradicionales como afrodescendientes, indígenas o campesinas,

las cuales han establecido una relación con los océanos que no se limitan a la obtención de recursos, sino también incorporan aspectos espirituales y de subsistencia. Los casos abordados en este estudio evidencian que estos grupos sociales son depositarios de un conocimiento ancestral que se encuentra amenazado ante las nuevas dinámicas de los espacios costeros y que toma valor como lecciones aprendidas ante la definición de acciones urgentes de adaptación al cambio climático. Los mares y los océanos son espacios con gente que establecieron una relación de identidad, espiritual, económica y cultural: actualmente amenazada.

Los resultados obtenidos subrayan la necesidad de diseñar intervenciones específicas para las mujeres pescadoras, y reconocen su función fundamental en la lucha contra la pobreza y la conservación marina. El desarrollo de políticas públicas que valoricen sus conocimientos tradicionales y promuevan prácticas sostenibles es crucial, ya que en experiencias previas de algunos Estados demostraron ser efectivas en la adaptación al cambio climático, en particular, desde una perspectiva sociocultural.

Referencias

- Begossi, A. (1998). *Resilience and neo-traditional populations: the caiçaras (Atlantic Forest) and caboclos (Amazon, Brazil)*. In: *Linking social and ecological systems: Management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- COOPESOLIDAR R.L. (2019). Estrategia Integral para el reconocimiento y formalización de la actividad productiva de las mujeres en las principales cadenas de valor de la pesca artesanal de pequeña escala, que recupere los conocimientos y prácticas tradicionales. San José, Costa Rica.
- Diegues, A. C. S. (1999). *A sócio-antropologia das comunidades de pescadores marítimos no Brasil*. *Etnográfica*, III(2), pp. 361-375.
- Diegues, A. C. S. (2004). *A pesca construindo sociedades*. São Paulo: NUPAUB-USP.

- Fadigas, A. (2009). *As marisqueiras e a Reserva Extrativas Acaú-Goiana: uma análise de práticas participativas para a conservação do ambiente. Dissertação (mestrado) - Programa Regional de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba/ Universidade Estadual da Paraíba, Brasil.*
- FAO y COOPESOLIDAR. (2022). La participación de las mujeres en la pesca artesanal. Empleo y trabajo decente en la pesca artesanal. Módulo 5 de Capacitación. San José, Costa Rica.
- Figuerola, I. (2021). La pesca artesanal marino-costera y los derechos culturales de las comunidades étnicas en Colombia. *Veredas do Direito – Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*, 18(40).
- França, L. G. & Oliveira, M. J. G. de S. (2022). *A relação das mulheres com o meio ambiente: um estudo de caso das mulheres caiçaras de Ilhabela. Revista Augustus*, 31(58), 120-144.
- Gustavsson, M. (2020). *Women's changing productive practices, gender relations and identities in fishing through a critical feminisation perspective. Journal of Rural Studies*, 78, 36-46.
- Peralta, G. (2022). Hogares con jefatura femenina y su relación con la pobreza en América Latina: una revisión sistematizada. *Gestionar: Revista de Empresa y Gobierno*, 2(3), 51-61.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2023). Atlas de Desarrollo Humano Cantonal en Costa Rica 2022. Costa Rica. www.undp.org/es/costa-rica/atlas-de-desarrollo-humano-cantonal
- Ribaric, A. (2020). *Maritimity: cultural heritage and traditional forms of social appropriation of the Matitime territory. Emblemas*, 17(2), 39-56.
- SINAC. (2017). Actualización del Plan General de Manejo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado. Pococí Costa Rica. [https://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACTO/Refugio%20Nacional%20de%20Vida%20Silvestre%20Barra%20del%20Colorado%20\(2017\).pdf](https://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACTO/Refugio%20Nacional%20de%20Vida%20Silvestre%20Barra%20del%20Colorado%20(2017).pdf)



Poetizando el océano: una experiencia artística en el LED

Paula Rojas Amador¹⁷
Andrea Chacón Rodríguez¹⁸
Malkon Alfaro Carvajal¹⁹
Wilfredo Alexis Bustamante Rodríguez²⁰

Un hombre con traje entero y corbata, sumamente preocupado y tenso, ingresa al espacio escénico, mientras que le solicita a la persona con la que habla más tiempo para entregar su trabajo. Su presión arterial sube, intenta aflojar su corbata, su respiración se entrecorta, siente un dolor en su pecho. Se escucha el palpitar del corazón que proviene del sonido de la percusión, aparece una mujer que se acerca a él con unos lentes de realidad virtual, se los coloca, el hombre se sumerge en el

-
- 17 Dra. Paula Rojas Amador. Universidad Nacional, Escuela de Arte Escénico, LED, paula.rojas.amador@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0001-7563-361X>
- 18 Máster Andrea Chacón Rodríguez. Universidad Nacional, Escuela de Arte Escénico, LED, andrea.charod@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-7846-0707>
- 19 M.Ed. Malkon Alfaro Carvajal, Universidad Nacional, Escuela de Arte Escénico, LED, malkon.alfaro.carvajal@una.ac.cr
- 20 M.Ed. Wilfredo Alexis Bustamante Rodríguez. Universidad Nacional, Escuela de Arte Escénico, LED, wilfredo.bustamante.rodriguez@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-1611-4307>

mar y poco a poco se tranquiliza..El hombre al estar sumergido en el océano, observa las diversas especies marinas; peces, tortugas, tiburones, medusas, delfines, así como extractos de poemas inspirados en la inmensidad del mar. El hombre está calmado, la mujer se aproxima a él. Él se quita los lentes de realidad virtual, y la mujer lo abraza.

Descripción de la escena de la inauguración de CISOS24

¿Es posible pensar que, en un futuro, la única manera de conocer el océano será a través de la realidad virtual? Esta pregunta es uno de los puntos de partida de la intervención artística Dimensiones del Océano presentada en el marco del Congreso de Integración de Saberes para un Océano Sostenible (CISOS24). La obra invita a cuestionarnos, desde un lugar crítico, reflexivo y artístico, nuestra relación con el entorno, la realidad y, específicamente, el océano.

El proyecto Dimensiones del Océano que es una investigación artística realizada en el Laboratorio Escénico Digital (LED) de la Escuela de Arte Escénico de la UNA, recurre a una serie de procesos creativos y técnicos que resaltan aquello que inspira, conmueve, atemoriza e inquieta del océano, y cuya construcción se genera por personas académicas y estudiantes. En este capítulo se abordan tres de los procesos que comprenden las diversas fases de este proceso artístico que conlleva la puesta en práctica de la interdisciplinariedad y la intermedialidad, con el objetivo de sensibilizar desde la perspectiva artística sobre la importancia y el cuidado de los océanos.

El primer proceso de creación e investigación se enfoca en la impresión 3D de las especies marinas seleccionadas. El segundo, se concentra en la generación de imágenes en 3D y el último, hila los trabajos anteriores en la elaboración del dispositivo escénico, el montaje técnico y los criterios para que guarde una relación entre lo técnico y lo poético.

El trabajo artístico de esta naturaleza permite —además de la profundización de las técnicas empleadas en cada uno de los componentes que lo

integran (el video, la impresión 3D, la creación del dispositivo escénico)—un diálogo interdisciplinario e intermedial. Aquí los puntos de encuentro de los diversos procesos creativos proponen formas lúdicas de atender el problema de los océanos, planteando una experiencia distinta de sensibilizar acerca de su manejo sustentable.

La impresión 3D: las especies marinas y lo digital en el proceso creativo

En la actualidad la contaminación de los océanos y las amenazas a las especies marinas son temas urgentes en diversos ámbitos investigativos y gubernamentales, ya que impacta significativamente en la biodiversidad que alberga el planeta. Ante este marco, las herramientas digitales como el modelado y su fabricación mediante la impresión 3D emergen como medios multidimensionales para la creación de soluciones prácticas de diseño en las representaciones de estas especies marinas. Asimismo, se aborda la problemática de los océanos y la vida marina de manera educativa, didáctica, artística y de concienciación sobre los retos ambientales en la actualidad. Campi (2020) menciona: “Nadie sabe con demasiada certeza cómo hay que formular la nueva alianza entre tecnología y cultura que la era de la información y calentamiento global necesita, pero esperemos que los diseñadores del futuro sepan deshacer este lío...” (2020, p. 109).

La mayoría de los materiales utilizados en la fabricación de productos mediante la impresión 3D son derivados del petróleo, lo que representa una amenaza para la vida marina. Esta situación genera una paradoja: la impresión 3D como medio creativo para representar la vida que alberga los océanos. Este dilema entre la tecnología y el impacto ambiental invita a reflexionar sobre el uso responsable de estos materiales y la sostenibilidad para el ambiente; en particular, en los mares y la vida marina.

Ante esta premisa, se analizan los diversos materiales existentes de fabricación 3D y se utiliza el material PLA (ácido poliláctico) como alternativa. Este material se selecciona por sus propiedades adecuadas de procesamiento diferente a los diversos materiales existentes de

fabricación 3D. Según Gómez, “el PLA es un termoplástico de origen natural obtenido a partir de la fermentación del almidón, la yuca o la caña de azúcar, y se caracteriza por ser altamente biodegradable” (2020, p. 285). Por consiguiente, de manera metafórica, el PLA se puede considerarse como una extensión de los plásticos, lo que incrementa la problemática actual de los océanos. Este vínculo potencia la relevancia de los debates actuales sobre la acumulación de microplásticos que afectan a los ecosistemas oceánicos.

En cuanto el proceso de conceptualización y fabricación 3D, se orientó hacia un acercamiento de estudio y observación de una ilustración científica: la descripción de formas, texturas y estructuras morfológicas de las especies mediante el modelado e impresión 3D.

Las fases de exploración del software técnico-digital permitieron desarrollar los diseños y modelos tridimensionales en herramientas didácticas visuales eficaces para un análisis reflexivo sobre las especies y el medio ambiente. Para Campos, el modelado 3D “[se convierte así en un sistema de representación muy eficaz y versátil, porque hereda las ventajas funcionales de escalado vectorial..., el hiperrealismo del dibujo ráster..., y además introduce la visualización tridimensional del objeto desde cualquier ángulo...” (citado por Cabezas y López, 2016, p. 266). Por ello, las herramientas digitales 3D permiten una aproximación de representación de las especies marinas de manera visual, dinámica, tangible y accesible a todo público sobre estas criaturas actualmente amenazadas.

Para la elaboración del modelado y esculpido digital de las especies marinas se utilizó el programa de código abierto Blender (<https://www.blender.org>), que integra una gama de posibilidades que incluyen el modelado, el esculpido, e incluso, crea dinamismo a las propuestas digitales en 3D, Lo anterior, permitió ejecutar en corto tiempo la producción de diseño y su exportación idónea en formatos STL para su proceso de impresión tridimensional.

Con el apoyo de especialistas se seleccionó de siete especies marinas amenazadas: tortuga baula (*Dermochelys coriacea*), tiburón zorro (*Alopias pelagicus*), pez vela (*Istiophorus platypterus*), idolo moro (*Zanclus cornutus*), manatí (*Trichechus manatus*), pez loro gigante (*Scarus perrico*) y tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), que habitan en los ecosistemas marinos

costarricenses. En esta primera fase, la recopilación de información proporcionada por especialistas fue fundamental para establecer las pautas y comprender la propuesta de diseño. A continuación, la fase de estudio y ordenamiento visual de cada especie permitió definir líneas de desarrollo futuras y avanzar en la creación de modelos tridimensionales en el *software* correspondiente. Este trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio 3D de la Escuela de Arte y Comunicación Visual de la Universidad Nacional, integrando elementos clave como representatividad visual, forma, textura y dimensión, entre otros.

Posteriormente, se verificaron los modelos de las especies, mediante el software de establecimiento de perfiles para impresión en 3D. Durante el desarrollo se ajustaron ciertos parámetros y se escogió el filamento (material) para su fabricación final mediante la impresora de 3D (figura 6.1). Este proceso de diseño digital, el cual “(...) debe disponer de un método que le permita realizar su proyecto, con la materia adecuada, las técnicas precisas y la forma correspondiente a su función” (Vilchis, 2014, p. 44). Por ello, se establecieron fases metodológicas para un desarrollo fluido de la producción, que resalta la colaboración y el intercambio de conocimiento, de manera crítica, reflexiva y didáctica entre el quehacer del diseño, arte y ciencias.

La innovación tecnológica mediante el modelado e impresión 3D proporciona un atractivo visual, eficaz y creativo para comunicar, sin embargo, también debe considerarse el enfoque y la problemática de forma reflexiva, didáctica y crítica sobre la preservación y la protección de los océanos y la vida marina. La metáfora como una herramienta poderosa, invita a una reflexión entre el vínculo de la vida marina y la actividad humana mediante el discurso visual y el material de impresión 3D.

La representación tridimensional de las especies marinas en esta técnica hace que se perciban frágiles y atractivas, no obstante, el filamento empleado como material recuerda la relación del plástico en otros tipos de materiales de 3D existentes y lo contaminante que puede ser al no usarlo de manera apropiada y responsable.

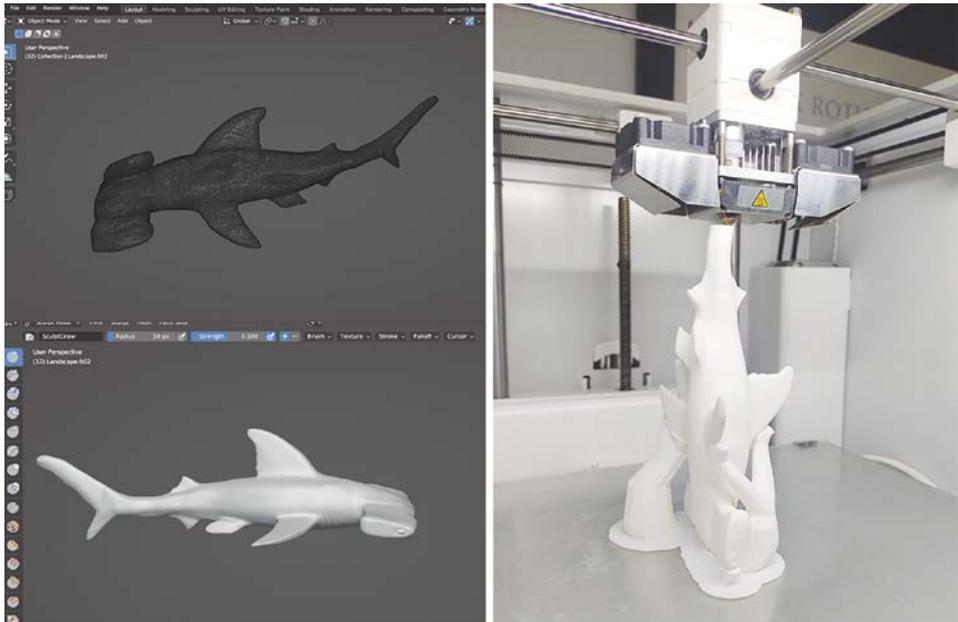


Figura 6.1. Conceptualización y fabricación: desarrollo de los modelos en el software tridimensional, para continuar con la siguiente fase de fabricación mediante impresora 3D.

Fuente: Elaboración propia.

Modelado 3D y animación: Dimensiones del Océano

Otro de los componentes, empleados en el marco del proyecto Dimensiones del Océano, es el modelado 3D. Este componente se utilizó para la divulgación científica y la sensibilización ambiental, al inicio se crearon modelos tridimensionales de fauna marina y luego se procedió a la animación, lo que permiten sumergir al público en un entorno submarino virtual, para generar una experiencia inmersiva y educativa. Para esto se emplearon softwares especializados de modelado 3D, como Cinema 4D, para crear representaciones digitales detalladas de diversas especies

marinas. A partir de modelos base, se aplicaron técnicas de escultura digital, texturizado y *rigging* para lograr una apariencia realista y movimientos fluidos. Estos modelos fueron posteriormente integrados en un entorno virtual y proyectados mediante *videomapping*, lo cual crea una experiencia inmersiva para la persona espectadora, siendo uno de los ejes fundamentales de esta propuesta es la recreación digital de animales marinos mediante modelado 3D.

El proceso de modelado implicó una investigación sobre la anatomía de las especies marinas y el uso de herramientas digitales especializadas. Esto se llevó a cabo al emplear formas primitivas ([figura 6.2, imagen 1](#)), que luego se refinaron mediante la aplicación de modificadores y texturas para lograr una representación realista. Esto con la suite de Maxon, que cuenta con Cinema 4Dm que es una solución de software profesional de modelado, animación, simulación y renderizado 3D. La investigación basada en experimentación inicia con el modelado de una medusa ([figura 6.2, imagen 2.](#)), y parte de figuras primitivas. En este caso, de un *spline* (sección construida por un nervio), se emplearon modificadores y demás herramientas del software, para lograr un estado más descriptivo del objeto 3D ([figura 6.2, imagen 3](#)).

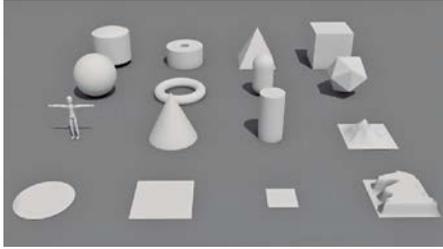


Imagen 1, [captura de pantalla]

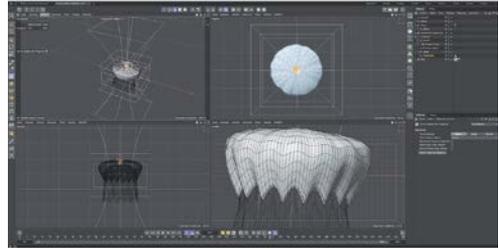


Imagen 2, [captura de pantalla]

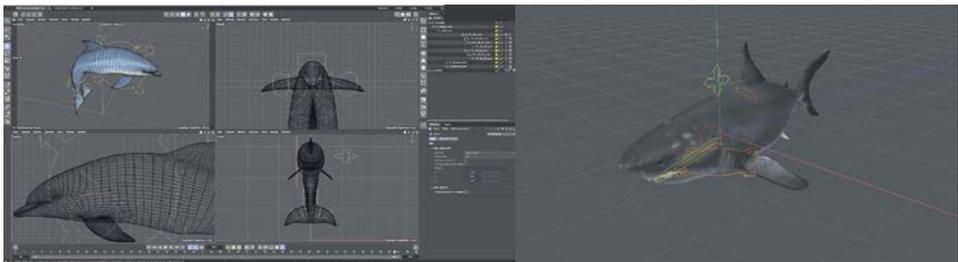


Imagen 3. Rigging [unión del esqueleto simulado por el software, con la geometría del objeto 3D]

Figura 6.2. Presentación de las etapas del proceso de conceptualización y construcción digital de objetos 3D.

Fuente: Elaboración propia.

En el proceso de diseño y modelado digital en tres dimensiones, se requiere comprender algunos términos, que tienen su relación directa con la producción de la animación y el video: a) el renderizado es el último proceso de generación de una imagen o video y hace alusión al procesamiento de la computadora en interpretar y generar una imagen final o cuadro por cuadro, de un video o animación; b) el *rigging* es el proceso de animar de forma digital un objeto 3D que emplea un esqueleto digital para emparejarlo con los polígonos del objeto; c) el video *mapping* utiliza varias tecnologías como proyectores de alta gama, sensores de movimiento, un espacio debidamente preseleccionado y medido, video e iluminación.

Varias pruebas se realizaron a partir de la creación del primer modelo “medusa”, para solucionar de manera eficiente la problemática de modelar los animales marinos en 3D. Sin embargo, el modelado orgánico requería un nivel de detalle que excede el tiempo disponible para el proyecto, por lo cual se decidió complementar con modelos preexistentes de alta calidad disponibles en bancos de recursos digitales.

Para el modelo 3D del tiburón se identificaron algunas WEB con licencia abierta. Luego de creados los modelos 3D, se procedió a animarlos al utilizar la técnica de *rigging* permitiendo simular los movimientos naturales del animal. Los modelos animados fueron luego renderizados para generar imágenes de alta calidad que se proyectaron en pantallas LED y superficies irregulares mediante la técnica del *videomapping*. Para este proceso se produjeron cuatro videos de las animaciones, dos videos de delfines nadando que incluía uno frontal y otro de vista superior, al igual que el tiburón, frontal y superior. A partir del modelo inicial (delfín y el tiburón), se crearon copias en el mismo archivo, que simularon varios animales nadando. Con esto, se da más naturalidad, el fondo se dejó con transparencia (figura 6.3) para que el montaje pudiera ser en diferentes fondos.

A partir de este proyecto se generó una experiencia inmersiva que transportó a la persona espectadora al fondo del mar. Esto generó una conexión emocional con la propuesta digital del mundo marino y sensibilizó al público sobre la importancia de su conservación. Para cada etapa del proceso se requiere una retroalimentación, ya que las pautas del proyecto siempre deben estar presentes en el desarrollo de los insumos visuales. Cada objeto 3D requiere un tiempo considerable para su construcción, desde el archivo inicial hasta el nivel de acabados y su comportamiento animado. Para un mejor aprovechamiento del recurso humano es recomendable trabajar los modelos simultáneamente. Esto puede hacerse en video o de forma estática, aunque esto requiere profesionales para cada modelado 3D.

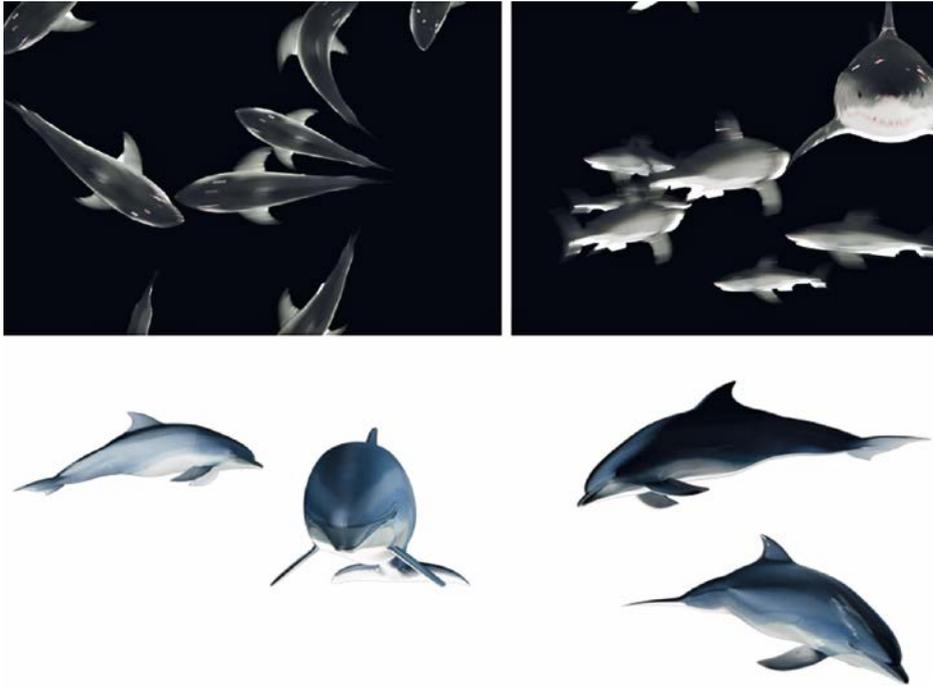


Figura 6.3. Proceso de animación de los objetos 3D en diversas perspectivas.

Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo de los animales 3D y su renderizado para su montaje en pantallas o *videomapping*, conllevan, un análisis previo y concienzudo sobre la iluminación, el empleo que se les va a dar, el tipo de fondo, el tiempo de proyección y el tamaño de cada medio digital. Para agilizar el modelado empleando recurso y bancos de imágenes en línea; ya sean 3D o 2D y demás recursos (video, luces y demás), con el fin de optimizar los tiempos, la recomendación dependerá del grado de complejidad del proyecto y de su tiempo de desarrollo y montaje.

La tecnología y la técnica para crear factores inmersivos, interactivos y poéticos en la propuesta Dimensiones del Océano

La impresión 3D, así como el modelado y animación 3D constatan cómo las tecnologías avanzadas ofrecen una comprensión más precisa de los ecosistemas marinos. Por medio de estos recursos digitales se conforma el dispositivo escénico, empleando como uno de los primeros elementos, el *mapping*, para la proyección de imágenes y videos detallados y explicados de paisajes marinos, sobre estructuras físicas, creando una simulación de entornos submarinos que “cobran vida”; el segundo elemento, el piso LED que se activaba debido a la interacción de los cuerpos de las personas y el tercer elemento, la realidad virtual, en el cual el público podía interactuar con la inmersión real del océano al colocarse los lentes de realidad virtual.

La integración de estas tecnologías exigió una planificación meticulosa para asegurar que cada proyección, creación artística y programación se ajustara a las características exclusivas que requería cada momento del CISOS24. El resultando fue la búsqueda de una experiencia de inmersión casi total en un ecosistema marino simulado.

Esta tipología de proyección es capaz de obtener la sensación de esplendor y misterio, y permite que las personas se sumerjan en los arrecifes de coral, las tortugas o los fondos marinos. Al final, la experiencia conduce a una exploración sensorial que permite a las personas conectarse con el mundo del hábitat subacuático de manera emocional.

La técnica del *mapping* se empleó, en este caso, para lograr una inmersión y transformación del espacio en paisajes marinos. El *mapping* requiere de una preparación meticulosa y ajustes para asegurarse de que cada proyección se adhiera a las cualidades únicas de la superficie proyectada, y una interacción dramática entre escenas y *videomapping*. Alcanzar lo inmersivo mediante la recreación de un ecosistema marino digital transformó el espacio físico en un entorno marino vibrante y envolvente. Estas proyecciones generan una experiencia que puede despertar admiración o cuestionamientos en el público, al observar un arrecife

de coral, una tortuga marina o la interacción de la humanidad con ese océano reflejado (figura 6.4). Asimismo, la experiencia se convierte en una aventura sensorial que conecta a las personas participantes con el mundo acuático de manera empática. Este vínculo no solo enriquece la percepción del entorno marino, sino que también fomenta una mayor sensibilidad hacia su manejo sustentable.

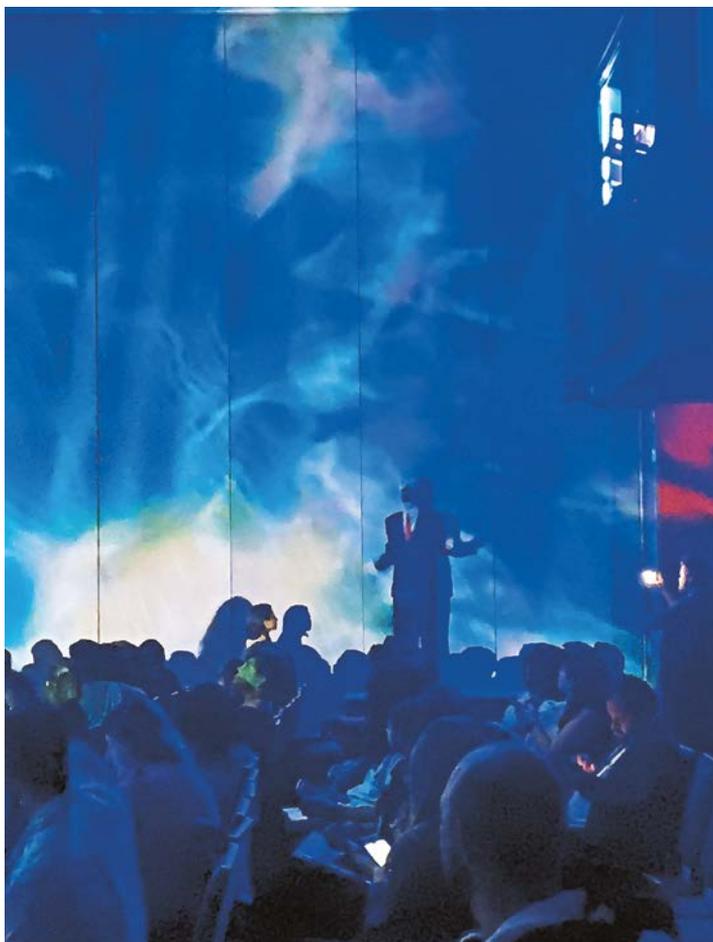


Figura 6.4. *Video Mapping*, durante Dimensiones del Océano (CISOS24).

Fuente: @Paula Amador, 2023.

Otro elemento fundamental del dispositivo escénico es el piso interactivo LED, diseñado para fomentar la interactividad y ofrecer una experiencia táctil única. Esta tecnología combina pantallas LED con sensores de movimiento, creando una superficie que responde de manera dinámica a las actividades realizadas sobre ella. En el contexto de la investigación sobre los océanos, el piso simula el mar, permitiendo a las personas participantes explorar visual y táctilmente este entorno.

Para aprovechar esta tecnología, es necesario ejecutar hardware y software integrados en computadoras compatibles con el sistema del piso, además de configurar los comandos correspondientes. Los sensores deben captar con precisión tanto el movimiento como la ubicación de las personas, asegurando que las imágenes proyectadas en el piso se actualicen en tiempo real (figura 6.5). El diseño del piso permite interactuar físicamente con un ambiente marino simulado, ofreciendo a los usuarios la posibilidad de caminar sobre una superficie que imita el agua o el fondo del mar. Esta interacción genera una experiencia táctil y visual inmersiva que inspira y conecta con el entorno acuático.



Figura 6.5. El piso corresponde a una pantalla táctil que se activa con el caminar de las personas.

Fuente: @PaulaAmador, 2023.

Por último, los lentes de realidad virtual permiten una inmersión total en un escenario simulado en el mundo submarino; eso sí, programando y generando una base que simula un mundo o espacio deseado. Las personas exploraron el océano desde una perspectiva de primera persona, por lo que, el uso de los lentes de realidad virtual creó una conexión expresa con el mundo submarino.

La tecnología virtual simula el acto de bucear y explorar debajo de la superficie. Por lo tanto, la realidad virtual consume una cantidad considerable de rendimiento en gráficos y procesamiento, con el objetivo de lograr una sensación de inmersión convincente. Los ambientes virtuales implican la creación de modelos 3D completos, texturas que se asemejan a la apariencia visual del océano. La precisa sincronización y seguimiento en tiempo real de la cabeza son críticas y garantizan que la persona experimente la inmersión adecuada. Igualmente, la habilidad de los sistemas de VR de manejar interacciones y respuestas en tiempo real es vital para producir la sensación.

Debido a la incorporación de tecnologías como el *mapping* inmersivo, el piso interactivo LED, las pantallas LED y los lentes de realidad virtual, el montaje técnico en la investigación de los océanos ha revolucionado la forma en que se pueden explorar y comprender los ecosistemas marítimos. La implementación de criterios técnicos y poéticos pasa a ofrecer una imagen global y detallada de los océanos de una manera dinámica, también genera un impacto visual y emocional excepcional. Al yuxtaponer la narrativa con tecnología de vanguardia, los marcos tecnológicos permiten a las personas visualizar el mundo marino de una manera significativa y profunda, enfocando su atención en la maravilla y la necesidad de preservarla.

Conclusión

Esta investigación artística demuestra cómo el arte y la tecnología se convierten en herramientas fundamentales para la sensibilización y la alfabetización sobre los océanos. Su enfoque fomenta el cuidado, la preservación y el disfrute de los valiosos recursos naturales con los que contamos. El proceso de creación evidencia una conexión relevante, que permite

activar diversos lenguajes y establecer relaciones sensibles con otras personas. En esta ocasión, se trata de aprender sobre los ecosistemas marinos, sus amenazas y su importancia, mientras nos planteamos preguntas cruciales sobre el futuro.

Retomando el epígrafe presentado al inicio de este texto, se espera que la respuesta a dichas preguntas no sea únicamente la realidad virtual. Sin embargo, esta tecnología emerge como una herramienta poderosa para llegar a las personas de manera distinta, contribuyendo así a la concienciación sobre la importancia de preservar los océanos.

Referencias

- Cabezas, L., López, I. (2016). Dibujo científico: arte y naturaleza, ilustración científica, infografía, esquemática. Madrid: Editorial Cátedra.
- Campi, I. (2020). ¿Qué es el diseño? Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Gómez, S. (2020). Impresión 3D. España: Editorial Marcombo.
- Maxon. (s. f.). Maxon | 3D Modeling, Animation, VFX & Rendering Software. <https://www.maxon.net/en/cinema-4d>
- Open3dModel. (s. f.). Shark 3D Model. https://open3dmodel.com/es/3d-models/shark_6934.html
- Vilchis, L. (2014). Metodología del diseño. Fundamentos teóricos. México: Editorial Designio S.A.



PARTE III

Monitoreo y medición



Cocreación de conocimiento y de herramientas para la preparación ante tsunamis

Silvia Chacón Barrantes²¹

Fabio Rivera Cerdas²²

Kristel Espinoza Hernández²³

Pedro Sandoval Alvarado²⁴

-
- 21 Dr.rer.nat. Silvia Chacón Barrantes, Universidad Nacional, Departamento de Física, silvia.chacon.barrantes@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-1659-1768>
- 22 M.Sc. Fabio Rivera Cerdas, Universidad Nacional, Departamento de Física, fabio.rivera.cerdas@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-4922-9650>
- 23 Licda. Kristel Espinoza Hernández, Universidad Nacional, Departamento de Física, kristel.espinoza.hernandez@una.ac.cr
- 24 M.Sc. Pedro Sandoval Alvarado, Universidad Nacional, Departamento de Física, pedro.sandoval.alvarado@una.ac.cr

Los tsunamis son ondas superficiales de gravedad que suceden en cualquier cuerpo de agua y que surgen por una perturbación súbita de su superficie, que ocurre rápido en un área lo suficientemente grande. La fuente más común de tsunamis son los sismos, pero también lo pueden causar los deslizamientos de tierra submarinos o subaéreos, erupciones volcánicas, caídas de meteoritos y cambios de presión atmosférica. Este evento es una amenaza poco común, pero puede llegar a tener un impacto muy grande; por ejemplo, casi un cuarto de millón de personas falleció en el tsunami del océano Índico en diciembre de 2004.

En Costa Rica, un país pequeño que cuenta con costas en dos océanos: Pacífico y Caribe (Atlántico), existe la creencia popular de que en el territorio nacional no suceden; no obstante, se han identificado al menos 42 tsunamis, de los cuales 36 se registraron en la costa del Pacífico, cinco en la costa caribeña, y uno se presentó en ambas costas ([Chacón-Barrantes et al., 2021](#)).

Por fortuna, el impacto que han tenido estos tsunamis en el país ha sido moderado ([ver figura 7.1](#)), debido, en particular, a que las costas nacionales estuvieron históricamente poco pobladas hasta la década de 1990. No obstante, aunque el país no tiene un potencial de tsunamis tan grande como en Chile, Japón o Indonesia, los tsunamis ocurridos antes en Costa Rica tendrían un impacto mucho mayor en la actualidad, debido al crecimiento acelerado de la población en las zonas costeras en las últimas décadas. Este impacto podría ser aún mayor si sucediera en temporada turística alta.

Después del tsunami ocurrido en Nicaragua en 1992, que fue el más grande ocurrido en Centroamérica hasta la actualidad, se iniciaron esfuerzos en la región para trabajar en prevención y preparación ante tsunami. Como parte de estos esfuerzos, se empezó un inventario de los tsunamis que habían afectado al país y se implementaron algunas iniciativas aisladas para mejorar la preparación ante tsunamis ([Fernández-Arce & Alvarado-Delgado, 2005](#)). Sin embargo, hasta el 2014, no existía ninguna organización que se encargara de la amenaza de tsunami como tal, ni hubo esfuerzos sistematizados de prevención a nivel nacional, ni para atención de eventos en tiempo real, conocidos como “alertas”. Es por esto, por lo que en ese año nace el SINAMOT (Sistema Nacional de Monitoreo

de Tsunamis), primero como una actividad académica ligada al Programa RONMAC (Red de Monitoreo de Nivel del Mar e Investigación de Amenazas Costeras) del Departamento de Física de la Universidad Nacional, para atender alertas de tsunami.

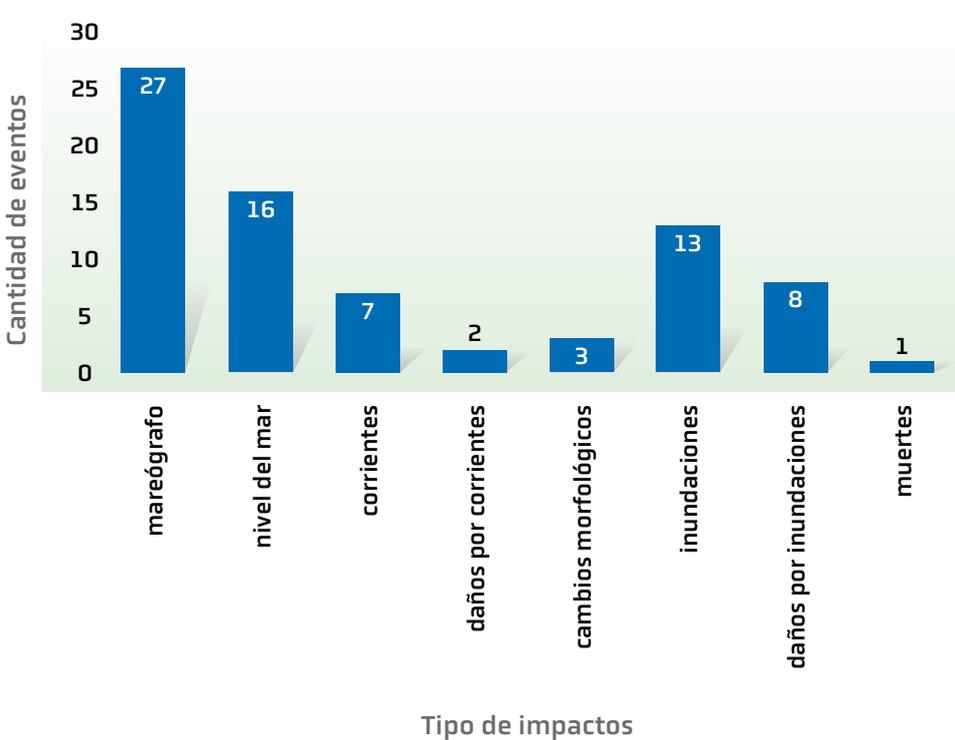


Figura 7.1. Efectos observados por tsunamis en Costa Rica de 1746 a 2022: registrados en mareógrafos, cambios en nivel del mar reportados por testigos, corrientes normales registradas por testigos, daños por corrientes, cambios morfológicos como erosión o sedimentación, inundaciones, daños por inundaciones y fallecimientos. Se muestra la cantidad de veces que un efecto se observó en total. Muchos tsunamis tuvieron efectos en varias localidades.

Fuente: Modificado de Chacón-Barrantes *et al.*, 2021.

Posteriormente, después de una reorganización, el Sinamot se transforma en un programa dedicado a los tsunamis desde los ejes: investigación, monitoreo, alertas y prevención. El Sinamot se ha consolidado como un espacio interdisciplinario con profesionales de la física y la geografía, que ha articulado con personas de otros campos como la psicología, la sociología y las ciencias ambientales, lo cual ha enriquecido al Programa y ha permitido potenciar sus resultados y alcance. Además, el Programa Sinamot ha tenido una función muy activa en los Grupos de Coordinación Intergubernamental (ICG) de los Sistemas de Alerta de Tsunami del Pacífico (ICG/PTWS) y del Caribe y Regiones Adyacentes (ICG/CARIBE-EWS). Estos ICG son órganos subsidiarios de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC) de la Organización de Naciones Unidas para la Ciencia, el Arte y la Cultura (UNESCO).

Caracterización de la amenaza de tsunami y sus aplicaciones

Para trabajar en prevención de tsunamis, se requiere caracterizar la amenaza. Por esta razón, se requirió definir áreas de inundación por tsunami para ambas costas del país; así como estimar los tiempos mínimos de llegada. Para esto, el Sinamot realizó estudios de amenaza de tsunami para ambas costas (Chacón-Barrantes & Arozarena, 2021; Chacón-Barrantes *et al.*, 2022), los cuales se hicieron en el marco de convenios para la elaboración de mapas de evacuación por tsunami con la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). En los estudios de amenaza se consideraron únicamente tsunamis generados por sismos locales, regionales y lejanos con rupturas homogéneas, por medio de la agregación de escenarios (Álvarez-Gómez *et al.*, 2013). La definición de estos sismos se hizo basándose en eventos históricos, fuentes precalculadas, fuentes definidas en la literatura y en reuniones de expertos en fuentes de tsunamis organizadas por el Programa de Tsunamis de la IOC/UNESCO (Chacón-Barrantes & Arozarena, 2021; Chacón-Barrantes *et al.*, 2022). En los próximos años se actualizarán los estudios de amenaza para incluir

otras fuentes de tsunami, como sismos con rupturas heterogéneas y fuentes no sísmicas.

Costa Rica cuenta con 315 comunidades costeras y se requería definir para cuáles se iban a elaborar los mapas de evacuación por tsunami. Asimismo, no se cuenta con datos batimétricos costeros de alta resolución que permitan modelar inundación por tsunami a lo largo de ambas costas, estos datos solo existen para algunas localidades. Aunque el Sinamot tiene la capacidad de realizar levantamientos batimétricos, estos son costosos y se debía escoger para cuáles comunidades era prioritario tenerlos. Para esto, se decidió propagar todos los escenarios de tsunami considerados hasta una profundidad de 20 m. Luego se extrajeron las alturas máximas frente a cada playa resultantes de dichas propagaciones y los valores máximos se usaron para definir un índice de amenaza (ver figura 7.2). De forma paralela se definió un índice de vulnerabilidad que consideraba aspectos como población, visitación turística, red vial y pendiente del terreno (Rivera *et al.*, 2016), para así definir un índice de riesgo por tsunami para cada una de las comunidades localizadas en ambas costas del país. En la actualidad se han elaborado mapas de evacuación por tsunami para 67 comunidades costeras, 58 en el Pacífico y nueve en el Caribe. La CNE ha colocado 366 rótulos de rutas de evacuación por tsunami en aproximadamente 20 de esas comunidades costeras.

En las zonas donde se contaba con batimetría costera o en las que se realizaron levantamientos batimétricos, se modeló numéricamente la inundación por tsunami para delimitar las áreas de inundación y los tiempos mínimos de llegada. Las áreas de inundación se definieron traslapando las áreas de inundación causadas por todos los escenarios considerados. De esta forma se encontró que en el Pacífico los tsunamis lejanos y regionales causan inundaciones más extendidas que los locales. En el Caribe, para algunas localidades sucede lo mismo, pero en otras los tsunamis locales causan una mayor inundación que los regionales. Por otro lado, los tiempos de llegada de los tsunamis locales en ambas costas pueden ser apenas de dos minutos dependiendo del lugar (ver figura 7.3).

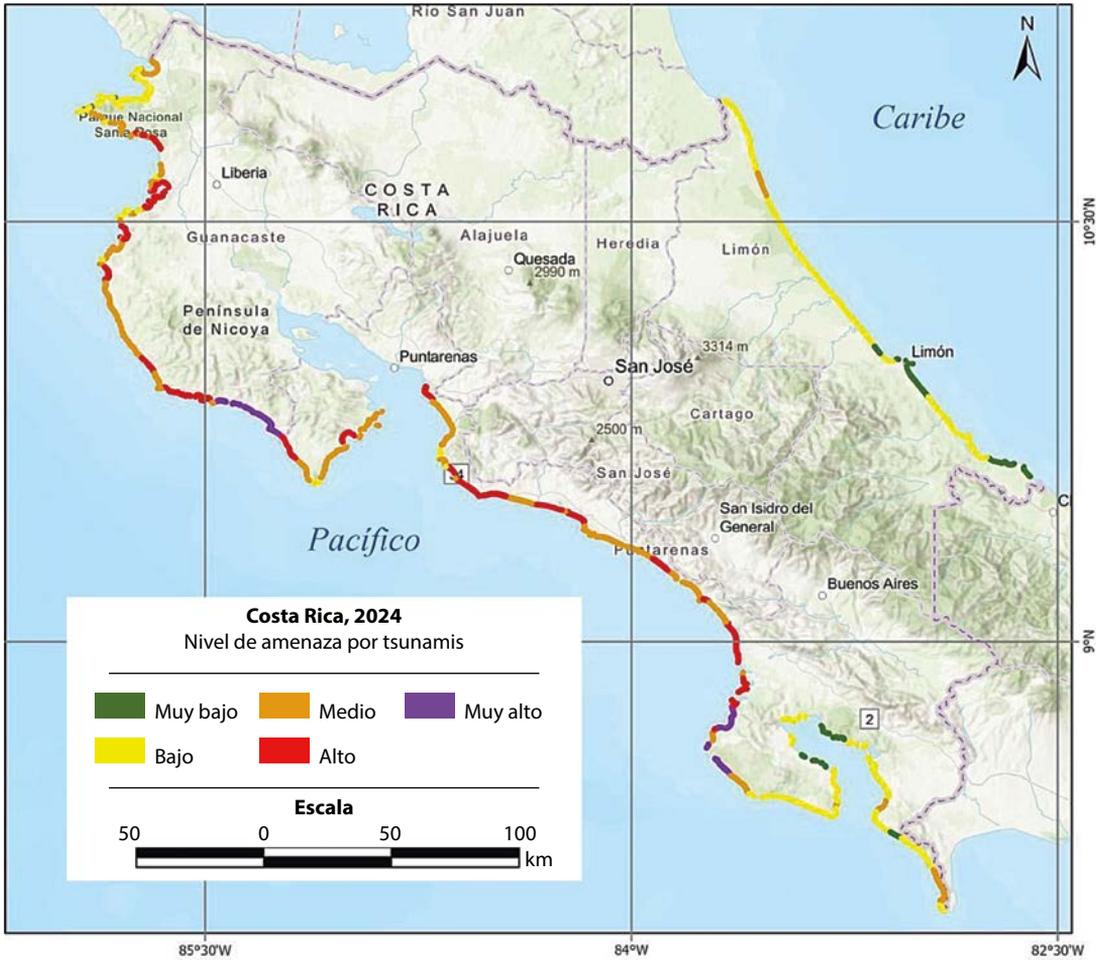


Figura 7.2. Mapa de índice de amenaza por tsunamis.

Fuente: Modificado por Chacón-Barrantes & Arozarena, 2021; Chacón-Barrantes *et al.*, 2022.

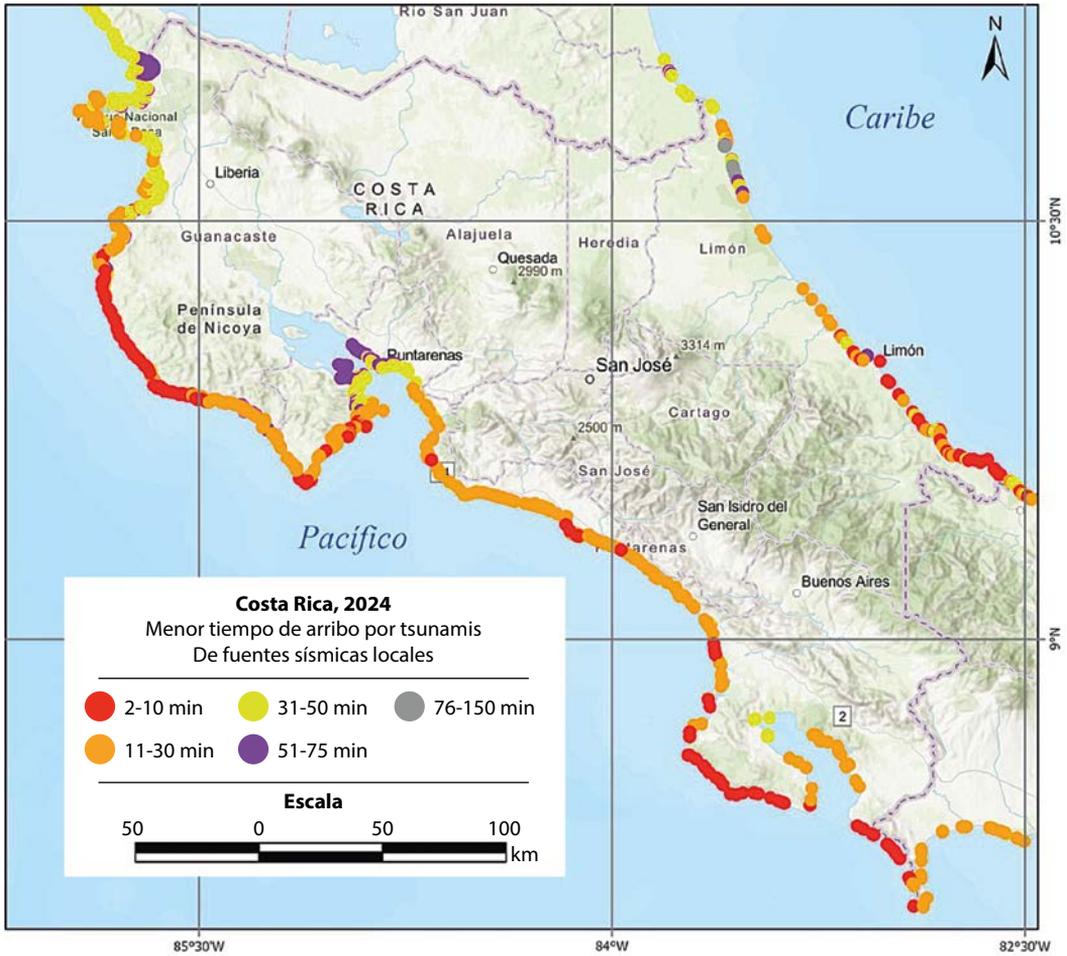


Figura 7.3. Mapa de tiempos mínimos de llegada de tsunamis a Costa Rica en minutos.
Fuente: Modificado de Chacón-Barrantes & Arozarena, 2021; Chacón-Barrantes *et al.*, 2022.

En la mayoría de las localidades, estos tiempos de arribo reducidos corresponden a áreas de inundación pequeñas, y no a las máximas áreas de inundación, ocasionadas por tsunamis regionales y lejanos. Por lo tanto, se decidió definir dos áreas de inundación por tsunami: una menor y otra mayor. Así, la indicación para la población de esas localidades es que, en caso de un sismo fuerte deben salir del área de inundación menor en el menor tiempo posible. Por otro lado, el hecho de tener dos áreas de inundación diferenciadas permite escalar las recomendaciones de evacuación para tsunamis regionales y lejanos de acuerdo con cada caso.

Para las zonas en las que no se cuenta con batimetría costera de alta resolución, se escalaron las alturas máximas obtenidas en los estudios de amenaza para definir una altura máxima en la costa. Entonces, se definieron las áreas de inundación como todas las zonas cuya altura sobre el nivel del mar fuera menor a la altura máxima en la costa. Esto se validó probando esta aproximación en las zonas en las que se modeló numéricamente la inundación por tsunami, con resultados efectivos.

A continuación, se requería elaborar los mapas de evacuación de las comunidades, los cuales deben incluir: las áreas de inundación por tsunami, los puntos de reunión y las rutas de evacuación por tsunami. Para definir las rutas de evacuación por tsunami se diseñó una metodología que valida los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con la cartografía participativa. Para la definición de rutas de evacuación por tsunami por medio de análisis de redes en SIG se partió de metodologías usadas en otros países (Scheer *et al.*, 2011), que permitieron calcular las rutas más eficientes para que las personas llegaran a los puntos de reunión y tomando en cuenta la cantidad de personas a evacuar y las capacidades de la red vial, así como los puntos de reunión. Luego, se organizaron talleres de cartografía participativa con las comunidades y sus comités de emergencias, en los que primero se les capacitó acerca de los tsunamis y después se les presentaron las áreas de evacuación de sus comunidades. Se les solicitó definir puntos de reunión y rutas de evacuación, antes de mostrarles los resultados obtenidos por análisis de redes. En la mayor parte de los casos los resultados obtenidos de ambas formas coincidieron y en los que hubo discrepancia se discutió con las comunidades para lograr un consenso, dando prioridad a los saberes locales. Esta metodología es un excelente ejemplo de cocreación de

conocimiento que, además, permite que las personas de las comunidades se apropien de los mapas de evacuación por tsunami y otras herramientas de prevención, asegurando una participación más activa y sostenida en el tiempo (figura 7.4).



Figura 7.4. Integrantes de comités de emergencia de la ciudad de Limón desarrollando su mapa de evacuación por tsunami.

Fuente: @SilviaChacón, 2023.

Veinte de las comunidades con las que se trabajó, se motivaron tanto al usar esta metodología, que quisieron ir más allá de los mapas de evacuación por tsunami y solicitaron apoyo para elaborar planes de preparativos y respuesta ante tsunamis; inclusive, estaban dispuestos a trabajar en los doce requisitos para reconocerlos como *Tsunami Ready* en la IOC/UNESCO. Este es un reconocimiento estandarizado a escala mundial basado en los esfuerzos de comunidades costeras para estar mejor preparadas ante tsunamis (UNESCO/IOC, 2022). Costa Rica e Indonesia son líderes en este reconocimiento a nivel mundial. Hasta el momento, cuenta con 11 comunidades reconocidas en cada país. En el caso de Costa Rica, 10 de esas comunidades están en el Pacífico y una de ellas en el Caribe.

Los avances obtenidos por Sinamot en preparación de tsunamis a escala nacional en tan poco tiempo y los reconocimientos IOC/UNESCO *Tsunami Ready* han generado reconocimiento a nivel mundial. Esto permitió ser invitados como capacitadores para el taller “Regional Tsunami Evacuation Mapping Workshop” realizado en Barbados en 2022, organizado por el Programa de Tsunamis de la IOC/UNESCO y el Programa de Tsunamis de la Administración Atmosférica y Oceanográfica de los Estados Unidos de América (NOAA). De esa forma, se socializó la metodología desarrollada en Costa Rica con países de la región del Caribe, lo que permitió que algunos de esos países ya estén desarrollando o actualizando sus propios mapas de evacuación por tsunami, sin depender de proyectos de cooperación internacional.

Por otro lado, las áreas de inundación por tsunami definidas están a disposición pública en sitio web del Sinamot (www.tsunami.una.ac.cr). En el 2022, se firmó un convenio con el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH) para compartir esas áreas de inundación por medio de la plataforma GeoExplora administrada por el MIVAH. La expectativa es que estas áreas de inundación sirvan de referente en el nuevo Código Sísmico de Costa Rica, que incluirá un texto sobre la amenaza de tsunami. El Sinamot cuenta con convenios con la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) y el Sistema de Emergencias 911 para realizar análisis de amenaza de tsunami en tiempo real y de esta forma generar información para eventuales alertas. Estos

análisis de amenaza edición en tiempo real utilizan información generada en los procesos explicados con anterioridad.

Conclusiones

Los tsunamis son una amenaza poco frecuente, pero que puede llegar a ser muy destructiva. El crecimiento acelerado de la población en nuestras zonas costeras aumenta nuestra vulnerabilidad ante ella. El país necesita generar las herramientas para asegurar que se incluyan los tsunamis en todas las instancias correspondientes, en todos los planes de preparativos y respuesta de las comunidades e instituciones públicas o privadas en las zonas costeras. Se requiere también un trabajo más intenso coordinado entre más instituciones para extender aún más el alcance de los resultados científicos obtenidos por el Sinamot, así como extensas y continuas campañas de concienciación para no olvidar una amenaza que en cualquier momento puede resultarle muy costosa al país. Consecuentemente, el país debe destinar los recursos para esto, tal como se ha venido haciendo por varias décadas para la amenaza sísmica e hidrometeorológica con excelentes resultados.

Referencias

- Álvarez-Gómez, J. A., Aniel-Quiroga, I., Gutiérrez-Gutiérrez, O. Q., Larreynaga, J., González, M., Castro, M., Gavidia, F., Aguirre-Ayerbe, I., González-Riancho, P. & Carreño, E. (2013). Tsunami hazard assessment in El Salvador, Central America, from seismic sources through flooding numerical models. *Natural Hazards and Earth System Science*, 13, 2927–2939. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-2927-2013>
- Chacón-Barrantes, S. & Arozarena-Llopis, I. (2021). A first estimation of Tsunami Hazard of the Pacific Coast of Costa Rica from Local and Distant Seismogenic Sources. *Ocean Dynamics*, 71(8), 793–810. <https://doi.org/10.1007/s10236-021-01467-8>

- Chacón-Barrantes, S. E., Murillo-Gutiérrez, A. y Rivera-Cerdas, F. (2021). *Catálogo de Tsunamis Históricos de Costa Rica hasta el 2021*. Heredia, Costa Rica: EUNA.
- Chacón-Barrantes, S. E., Murillo-Gutiérrez, A. & Rivera-Cerdas, F. (2022). A first estimation of Tsunami Hazard of the Caribbean Coast of Costa Rica from Local and Distant Seismogenic Sources. *IV Assembly of the Latin American and Caribbean Seismological Commission - LACSC*, 276.
- Fernández-Arce, M. & Alvarado-Delgado, G. E. (2005). Tsunamis and tsunami preparedness in Costa Rica, central America. *ISSET Journal of Earthquake Technology*, 42, 203-212. <http://home.iitk.ac.in/~vinaykg/Iset466.pdf>
- Rivera, F., Mesén, C. y Solano, M. (2022). Acciones de Gestión del Riesgo ante la Amenaza de Tsunami en los Centros Educativos Costeros. SINAMOT-UNA.
- Rivera, F., Arozarena, I., Chacón-Barrantes, S. y Barrantes, G. (2016). Metodología para la evaluación de rutas de evacuación en caso de tsunami aplicado a la costa del Pacífico Norte y Central de Costa Rica. *En Torno a La Prevención*, 16, 17-26.
- Scheer, S., Gardi, A., Guillaude, R., Eftichidis, G., Varela, V., De Vanssay, B. & Colbeau-Justin, L. (2011). *Handbook of Tsunami Evacuation Planning*. <https://doi.org/10.2788/34292>
- UNESCO/IOC. (2022). *Standard Guidelines for the Tsunami Ready Recognition* (p. 62).



Contribuciones del monitoreo de la dinámica costera en el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo de desastres: el caso del Caribe de Costa Rica

Gustavo Barrantes Castillo²⁵

Daniela Campos Duran²⁶

El litoral corresponde al área de contacto entre la tierra y el mar, que se extiende desde la parte superior a la inferior, hasta donde alcanza la acción del oleaje. Este es uno de los ambientes más dinámicos de la Tierra y, por consiguiente, presenta una considerable vulnerabilidad frente a las actuaciones humana sobre la costa. En los

25 Dr. Gustavo Barrantes Castillo, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Geográficas, gustavo.barrantes.castillo@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-2130-8883>

26 Dra. Daniela Campos Duran, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Geográficas, daniela.campos.duran@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0001-8912-0807>

litorales ocurren procesos o eventos que pueden representar amenazas naturales frente a su uso y ocupación, tales como oleajes severos, mareas extremas, inundaciones y el retiro de arena que no se repone posteriormente (erosión). Por otro lado, la actividad humana genera impactos ambientales que degradan o alteran estos entornos naturales. Algunos ejemplos son la contaminación sólida, el vertido de líquidos, la interrupción de los flujos de sedimento, la extracción de arena, compactación y alteración de los sedimentos. Algunas de las razones por las que eso ocurre son por el tránsito de personas y vehículos, la construcción de infraestructuras —casas y edificios para habitar o para turismo—, que provocan la eliminación de ecosistemas costeros y la disminución de la biodiversidad.

En el contexto actual de cambio climático, se suman otros procesos que amenazan el equilibrio dinámico de estas zonas, como el aumento del nivel del mar y la alteración en los patrones de las tormentas. En el sentido práctico, el nivel del mar es la línea base desde donde opera una variedad de procesos como el alcance de las mareas en tierra y el avance de la rompiente del oleaje hacia la tierra. El primero repercute en el aumento de las inundaciones marinas sobre la costa, y el segundo, en el alcance de los oleajes de tormenta en tierra. Por otra parte, el aumento en la frecuencia y la magnitud de tormentas afecta de forma directa al clima de oleaje. Este aumento en el nivel del mar como el cambio en los patrones de las tormentas lleva a la aparición o agravamiento de procesos erosivos, en particular en playas arenosas, por lo que es requerido un monitoreo para comprender cómo se afectan los sistemas socionaturales costeros.

En el Caribe costarricense, en términos generales, se ha respetado la Ley N.º 6043 Marítimo-Terrestre, que establece una zona pública inalienable de 50 m a partir de la línea de pleamar ordinaria. Con esta normativa, se ha favorecido la conservación de los ambientes costeros, y permite el mantenimiento de una cobertura vegetal detrás de la playa. En la práctica, esto funciona como una forma de protección para los sedimentos que forman parte de las playas. Sin embargo, el actual retroceso de la línea de costa frente a la ocurrencia de oleajes de tormenta ha acercado tanto la infraestructura pública como la privada a la playa, aumentando así su vulnerabilidad frente a la erosión, la inundación y la sedimentación.

En una investigación pionera Barrantes y Sandoval (2018) identificaron once puntos calientes de erosión costera en el Caribe Sur de Costa Rica. Este antecedente llevó a la realización de mediciones en las playas de dicho litoral para comprender cómo se produce la erosión y qué implicaciones tiene para la playa, el paisaje costero y las comunidades locales; además ofrece un soporte para la búsqueda de soluciones. Dichas mediciones se originaron en 2017, a partir de dos tesis de grado y posgrado en las playas de Moín, Cieneguita y Gandoca. Posteriormente, en 2018 el Programa de Geomorfología Ambiental (PROGEA) de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional desarrolló un proyecto de monitoreo que abarcó, además de las playas mencionadas, las de Cahuita, Puerto Vargas, Cocles, Manzanillo y Gandoca. Debido al interés de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) así como la experiencia acumulada, surge el Sistema Nacional de Monitoreo de Erosión Costera (SINAMEC) en 2020.

Entre los resultados preliminares está el registro del ciclo anual de playa. Aunque por su posición geográfica, Costa Rica no cuenta con estaciones climáticas propiamente dichas, buena parte del oleaje que llega las costas del Caribe varía acorde con el paso de las estaciones del hemisferio. Este ciclo inicia con la pérdida de sedimento como resultado del incremento en la energía de los oleajes durante el invierno hemisférico; de esta forma, la playa se acorta y desarrolla un perfil cóncavo o perfil de invierno. No obstante, conforme la altura de los oleajes disminuye, la playa recupera el sedimento y crece hasta alcanzar su máxima longitud y volumen, usualmente, en el verano hemisférico. Sin embargo, los monitoreos han mostrado que en el caso de la costa del Caribe costarricense, esto ocurre generalmente en el otoño hemisférico, posiblemente como respuesta del oleaje generado durante la temporada de huracanes ([figura 8.1](#)).

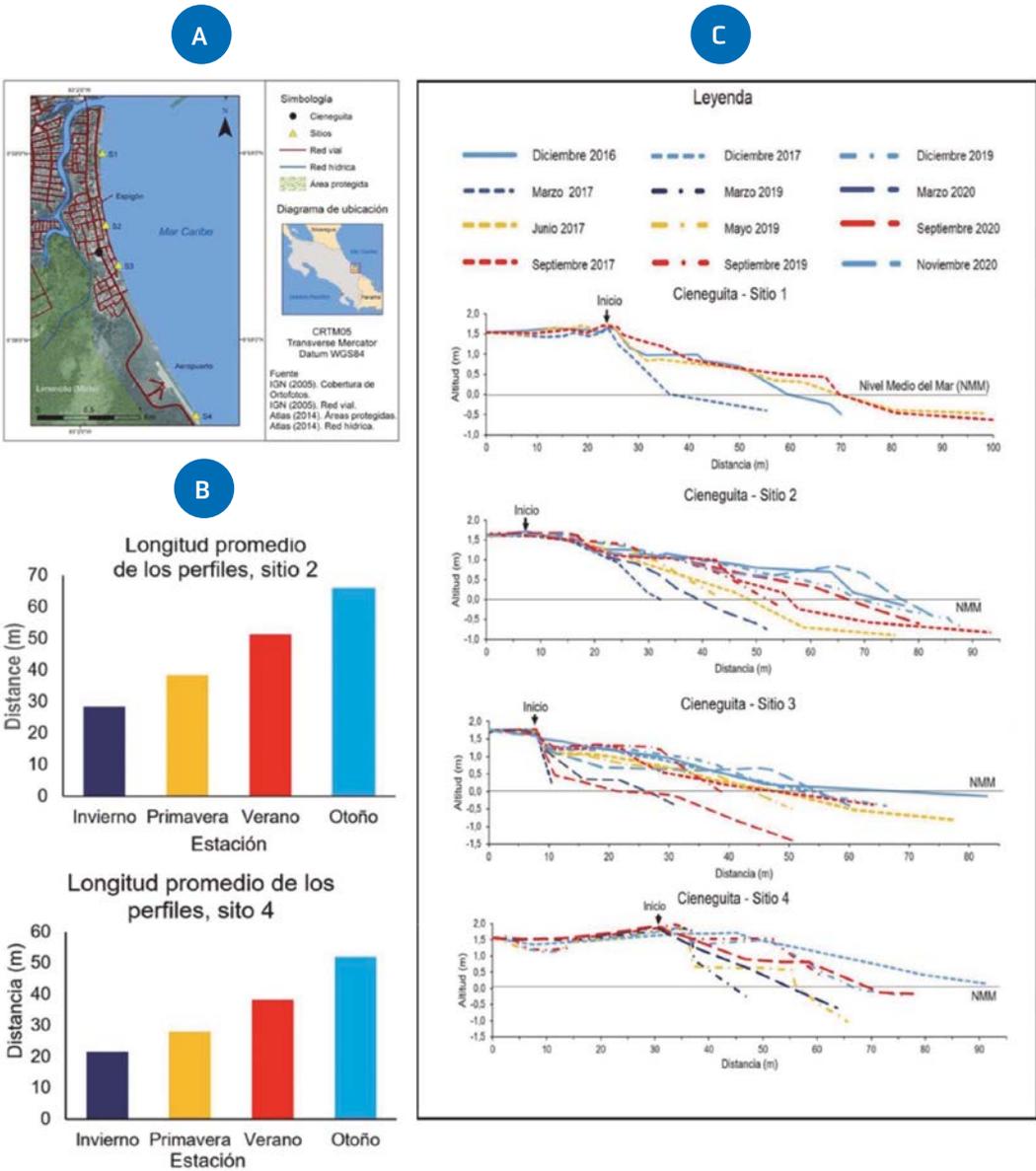


Figura 8.1. Cambios estacionales del perfil de playa. A) ubicación de los sitios monitoreados entre Cieneguita y el Aeropuerto de Limón, B) perfiles topográficos de los cuatro sitios monitoreados y C) cambios estacionales de la playa en dos sitios de Cieneguita.

Fuente: Modificado de Barrantes *et al.*, 2021.

La comprensión del ciclo estacional de la playa y los cambios morfológicos que produce es crucial para la toma de decisiones; especialmente, las vinculadas con el uso del suelo, ya que cualquier estructura —como suelen ser los senderos o la infraestructura turística— pueden dañarse durante el invierno hemisférico. Además del aporte que da a la gestión de las actividades turísticas, este conocimiento contribuye a los técnicos de instituciones y tomadores de decisiones para que no confundan esta dinámica estacional de la playa con procesos de erosión propiamente, en los cuales, a largo plazo, se presenta una estabilidad en cuanto a la arena removida.

A pesar de lo expuesto, al ocurrir eventos extremos de oleaje, la pérdida de sedimento puede alcanzar un punto crítico que lleve a la no recuperación de la playa con la consiguiente reducción de su área emergida (o playa seca), la migración de la línea de costa hacia tierra y el socavamiento de las estructuras colocadas detrás de la playa (Castelle & Harley, 2020). En este sentido el monitoreo permite diferenciar entre procesos de erosión permanente de los cambios estacionales o ciclo de la playa. Por ejemplo, el oleaje extremo que ocurrió en enero de 2020 —con olas de más de tres metros— provocó un retroceso marcado de la línea de costa en Moín y Puerto Vargas y una retirada importante de los sedimentos de las playas Cieneguita, Puerto Vargas, Negra, Cocles y Manzanillo. Este fenómeno causó erosión de varias playas de forma notoria, lo que se evidenció por la presencia de escarpes de más de un metro, exposición de raíces, caída de vegetación y acortamiento de la playa (figura 8.2), Aunado a ello, se vieron afectados comercios y viviendas (Barrantes *et al.*, 2020).

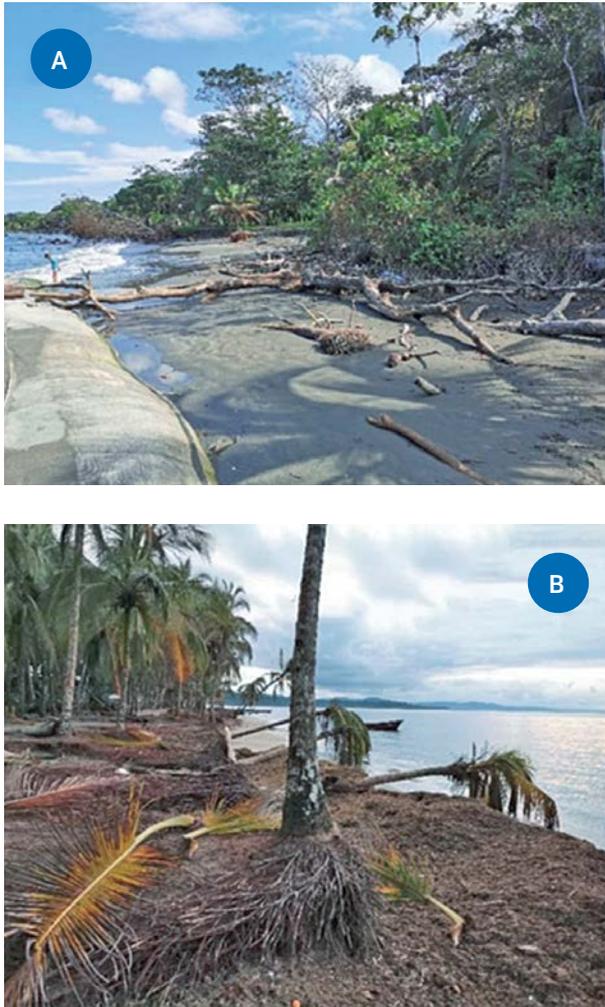


Figura 8.2. Efectos del oleaje de enero de 2020 en el Caribe Sur de Costa Rica. A) Playa Moín; nótese el retroceso en la línea de costa. B) Caída de cocoteros y exposición de raíces playa Manzanillo.

Fuente: @Gustavo Barrantes, enero de 2020.

El efecto de este oleaje sobre la costa se evidenció en varios perfiles topográfico como el ubicado frente al aeropuerto de Limón (figura 8.3). En este sector el oleaje causó una pérdida considerable de sedimento entre diciembre de 2019 y marzo 2020; no obstante, al pasar el tiempo, la playa fue recuperando la arena. Incluso, en marzo de 2023, la recuperación ya era evidente en cuanto al volumen de la playa y de su anchura. El monitoreo permitió constatar que el oleaje reportado, aunque implicó una afectación importante, no representa una condición de erosión permanente, ya que se produjo una recuperación posterior de las playas.

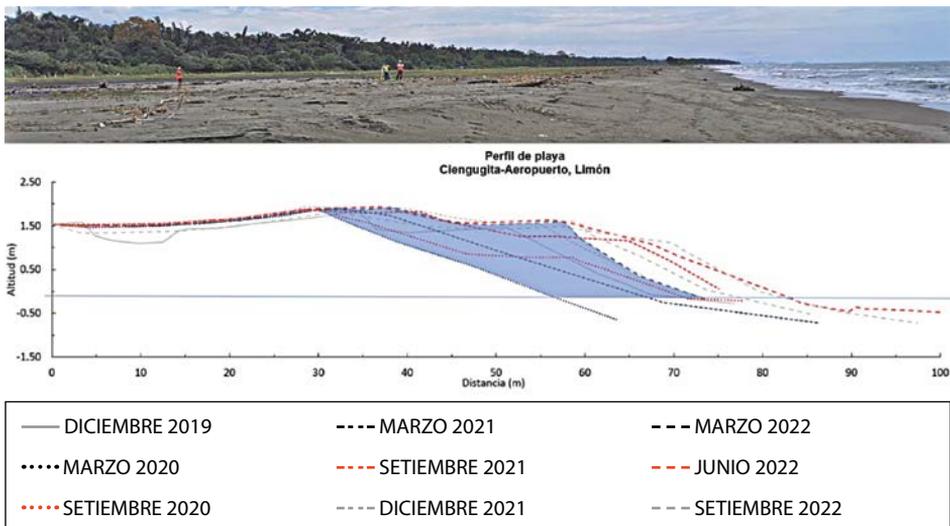


Figura 8.3. Análisis de los cambios en el perfil topográfico de la playa de Ciengugita, frente al aeropuerto de Limón. Imagen superior: foto del sitio de toma del perfil, 28/01/2020. Imagen inferior: superpuesta de perfiles entre diciembre de 2019 y diciembre de 2023. Nótese en celeste el área recuperada posteriormente.

Fuente: Datos aportados por PROGEA.

En este sentido, la recomendación es mantener un monitoreo permanente que permita determinar el punto de inflexión en el cual una determinada energía del oleaje retira arena superando la capacidad de recuperación de las playas. Para cada caso, se deben evaluar acciones de intervención para mantener el recurso, considerando los usos turísticos, comerciales y residenciales. No obstante, las playas de Moín y Cieneguita se recuperaron, ocurrió una afectación directa en tierra por la penetración de los oleajes, el retiro de la arena y el retroceso de la línea de costa. Lo anterior es un fundamento para establecer una zona de retiro o amortiguamiento entre la infraestructura y la playa, preferiblemente cubierta por vegetación natural, para funcionar como primera línea de defensa contra estos eventos extremos, más allá de los 50 m establecidos en la Ley de Zona Marítimo Terrestre.

Asimismo, el monitoreo de los cambios en la línea de costa permite establecer tasas de retroceso (erosión), avance (acreción) y estabilidad de la línea de costa. Con su cálculo y difusión por medio de un geovisor (<https://www.geo.una.ac.cr/index.php/progea>), posibilita que las comunidades y las entidades relacionadas con el ordenamiento del territorio y la gestión del riesgo de desastres conozcan de la velocidad y tendencia de los procesos de pérdida o ganancia que ocurren en cada playa. Por ejemplo, este método posibilitó establecer que un sector de playa Manzanillo de poco menos de 500 m, registró un retroceso de 23 m entre 2005 y 2016, con una tasa de erosión de 2,1 m/año (considerado como intensa), a pesar de ser un sitio protegido por un arrecife (Barrantes & Sandoval, 2021).

El trabajo con aeronaves no tripuladas (drones) ha contribuido a actualizar la tasa de erosión y a evaluar el nivel de exposición al que se encuentra la infraestructura pública y turística, así como las viviendas (figura 8.4). Estas mediciones muestran que la erosión actúa con la misma severidad en toda la playa: por ejemplo, un sector contiguo a la plaza de Manzanillo retrocedió 40 m en 16 años, mientras que, en otros sectores próximos apenas un par de metros en el mismo periodo.



Figura 8.4. Fotomosaico construido a partir de vuelo fotogramétrico en playa Gandoca. Este sector presenta intensa erosión, nótese la proximidad a la playa de infraestructura como la infraestructura urbana, incluidas instalaciones turísticas (como hoteles y restaurantes), como resultado del retroceso de la línea de costa.

Fuente: Datos aportados por PROGEA.

Los espacios costeros del Caribe Sur de Costa Rica son geomorfológicamente dinámicos y algunos de ellos, por su belleza escénica y la calidad de las playas, se utilizan para actividades turísticas (tal es el caso de Cahuita, Manzanillo y Cieneguita) o en procesos de desarrollo urbano asociados principalmente a infraestructura turística (como Puerto Viejo o Cocles). En este sentido, la gestión y el ordenamiento del territorio se convierten en dos aspectos que deben contemplarse de manera integral para lograr un uso sostenible del recurso playa.

En Costa Rica, el ordenamiento territorial se define como la expresión espacial de las políticas sociales, ambientales y económicas; así como un ejercicio administrativo y una política de Estado, basada en la toma de decisiones coordinadas y articuladas, con el fin de garantizar un desarrollo adecuado de los asentamientos humanos, la gestión integral de los recursos naturales y el desarrollo económico en el territorio (MIVAH, 2012). Si se hace énfasis en los espacios costeros, su ordenamiento por medio de planes reguladores costeros resulta complejo; ya que existe un marco legislativo y normativo amplio donde diversas instituciones tienen incidencia directa sobre estos espacios (cuadro 8.1). Este marco institucional y legal pretende orientar un desarrollo costero ordenado y sostenible, sin embargo, el dinamismo de estas áreas, como ya se ha evidenciado, supera la velocidad con la que las leyes o reglamentos se ajustan a las nuevas realidades. Por ejemplo, la problemática actual asociada a la erosión costera crea condiciones de riesgo, que se traduce en impactos directos sobre los servicios y recursos ecosistémicos, el turismo y la infraestructura. Por tanto, la Gestión del Riesgo de Desastres por medio del Ordenamiento Territorial resulta esencial para reducir las condiciones de exposición y vulnerabilidad de las comunidades costeras y promover mecanismo de resiliencia. En este sentido, surge la pregunta ¿cuál es la contribución del monitoreo de erosión costera al ordenamiento territorial y a la gestión del riesgo de desastres?

Cuadro 8.1. Resumen de instituciones, leyes que las facultan y responsabilidades en la elaboración de planes reguladores costeros en Costa Rica

Institución	Ley que la faculta	Competencias
Municipios	<ul style="list-style-type: none"> - Ley sobre la Zona Marítimo Terrestre (Ley N.º 6043) - Ley de Planificación Urbana (Ley N.º 4240) 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar y aprobar los planos reguladores en su jurisdicción, incluyendo las zonas costeras. - Administrar y otorgar concesiones en la zona marítimo-terrestre. - Construir vías, para garantizar el acceso a la zona pública. - Cobrar y percibir cánones sobre las concesiones otorgadas.
Instituto Costarricense de Turismo (ICT)	<ul style="list-style-type: none"> - Ley sobre la Zona Marítimo Terrestre (Ley N.º 6043) - Ley General de Turismo (Ley N.º 1917) 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar el plan general de uso de la tierra en la zona marítimo terrestre, de acuerdo con las prioridades de desarrollo nacional. - Declarar zonas turísticas o no turísticas en la zona marítimo terrestre. - Aprobar los planos de desarrollos urbanos o turísticos que afecten la zona marítimo terrestre. - Participar en la planificación y gestión del turismo en las zonas costeras, asegurando la compatibilidad con los planos reguladores municipales.

Institución	Ley que la faculta	Competencias
Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU)	<ul style="list-style-type: none"> - Ley sobre la Zona Marítimo Terrestre (Ley N.º 6043) - Ley del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (Ley N.º 1788) 	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer lineamientos técnicos para el desarrollo urbano. - Revisar y aprobar los planes reguladores elaborados por las municipalidades incluyendo los espacios costeros. - Aprobar los planos de desarrollos urbanos o turísticos que afecten la zona marítimo terrestre.
Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)	<ul style="list-style-type: none"> - Ley Orgánica del Ambiente (Ley N.º 7554) 	<ul style="list-style-type: none"> - Regular y proteger el medio ambiente. - Supervisar evaluaciones de impacto ambiental a través de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). - Establecer políticas ambientales que deben ser consideradas en los planes reguladores. - Delimitar zonas de protección de determinadas áreas marinas, costeras y humedales, las cuales se sujetarán a planes de ordenamiento y manejo.
Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)	<ul style="list-style-type: none"> - Ley Orgánica del Ambiente (Ley N.º 7554) - Ley de Biodiversidad (Ley N.º 7788) 	<ul style="list-style-type: none"> - Administrar áreas protegidas y parques nacionales. - Conservar la biodiversidad en las zonas costeras. - Garantizar el uso sostenible de los recursos naturales dentro de su ámbito de gestión.

Fuente: elaboración propia un análisis comparativo de las leyes costarricenses No. 6043, 4240, 1788, 1917, 7554 y 7788.

Para responder la cuestión anterior, se debe enfatizar en el aporte que el monitoreo brinda a la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial. La rigurosidad técnica y científica de los datos permite a los tomadores de decisiones (gobiernos locales y CNE junto con el sector privado y las comunidades) la promoción de mecanismos de mitigación, estructurales y de otra índole, para comprender este proceso dinámico. Además, les permite repensar una gestión de riesgo con un enfoque prospectivo a largo plazo; particularmente, en estas áreas donde el crecimiento turístico y urbano genera presiones, frecuentemente, sin tener en cuenta las amenazas presentes.

Considerando lo anterior, desde el PROGEA se han generado sinergias importantes con partes interesadas; por ejemplo, en el cantón Talamanca, con la CNE y el Área de Conservación la Amistad Caribe (ACLAC). Con el financiamiento que ellos aportan, se materializan proyectos como un apoyo parcial al financiamiento del monitoreo, la capacitación para que se realicen monitoreos complementarios, talleres para la presentación e interpretación de los resultados y la promoción del acceso y uso de los datos. Esta es la base para identificar elementos expuestos y, por ende, vulnerables (ecosistemas, infraestructura, viviendas); así como para direccionar recomendaciones atinentes al ordenamiento territorial.

En resumen, el monitoreo de la erosión costera es una herramienta esencial para el ordenamiento territorial y la gestión de riesgo de desastre en estos espacios; ya que por medio de la información que se genera y pone a disposición, se pueden considerar la dinámica costera y los cambios que están afectado a los sistemas costeros como resultado del cambio y variabilidad climático, para su incorporación en los procesos de planificación del uso del suelo: además de tomar decisiones sobre cómo proteger los ecosistemas y la infraestructura expuesta cuando se requiera. Aunque Costa Rica cuenta con un marco legal y normativo robusto, es necesario generar políticas públicas que consideren la variabilidad natural de este medio, su fragilidad y los cambios que experimenta actualmente, en procura de un desarrollo sustentable de dichas zonas.

Referencias

- Barrantes, G., y Sandoval, L. F. (2018). Erosión costera en el Caribe Sur de Costa Rica. *Memoria. IV Congreso Nacional de Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático*. San José, Costa Rica.
- Barrantes, G., Valverde, J., Paniagua, D., y Morales, N. (2020). *Gira de reconocimiento del efecto del oleaje severo ocurrido entre el 13 y 20 de enero de 2020 en el Caribe Sur, Costa Rica* (p. 21) [Informe interno]. Programa de Geomorfología Ambiental, Universidad Nacional.
- Barrantes, G., Valverde, J., Rojas, D., Badilla, N. B., Paniagua, D., y Silva, A. L. C. (2021). Cambios estacionales del perfil de playa en Cieneguita, Limón, Costa Rica. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 57 (Número Especial 1). <https://doi.org/10.23854/07199562.2021571esp.Barrantes12>
- Barrantes, G., y Sandoval, L. F. (2021). Cambios en la línea de costa en el Caribe Sur de Costa Rica durante el periodo 2005-2016. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), Article 2.
- Castelle, B., & Harley, M. (2020). 22 - Extreme events: Impact and recovery. En D. W. T. Jackson & A. D. Short (Eds.), *Sandy Beach Morphodynamics* (pp. 533-556). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00022-9>
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH). (2012). Política Nacional de Ordenamiento Territorial 2012-2040. <https://repositorio-snp.mideplan.go.cr/handle/123456789/141>



Uso de la sismología como herramienta para el monitoreo de la dinámica oceánica y el cambio climático

Esteban J. Chaves²⁷
Evelyn Nuñez-Alpízar²⁸
Nahomy Campos-Salas²⁹
Sonia Hajaji-Salgado³⁰

-
- 27 Dr. Esteban J. Chaves, Universidad Nacional, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, esteban.j.chaves@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-5724-1513>
- 28 Dra. Evelyn Nuñez-Alpízar, Universidad Nacional, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, evelyn.nunez.alpizar@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-8600-3098>
- 29 Nahomy Campos-Salas, Universidad Nacional, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, nahomy.campos.salas@est.una.ac.cr, <https://orcid.org/0009-0009-8529-4557>
- 30 Licda. Sonia Hajaji-Salgado, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, sonia.hajaji.salgado@una.ac.cr, <https://orcid.org/0009-0007-0807-2235>

Los océanos cubren más del 70 % de la superficie del planeta (NOAA, 2024) y desempeñan una función fundamental en la configuración del clima global, la biodiversidad y los patrones meteorológicos. Por esta razón, durante mucho tiempo la dinámica de los océanos ha sido un tema de interés en varios campos científicos. En los últimos años, el ritmo acelerado del cambio climático (Minière *et al.*, 2023) ha indicado la necesidad de generar herramientas innovadoras y precisas para monitorear las condiciones oceánicas y sus impactos en el ambiente, para cual se pueden aplicar las utilizadas en otras ciencias. Por ejemplo, la sismología, tradicionalmente utilizada para investigar los terremotos, los volcanes y la tectónica a diferentes escalas, ha surgido como una herramienta útil en este contexto. Al analizar el campo aleatorio de ondas sísmicas, también conocido como ruido sísmico ambiental, es posible monitorear las interacciones del oleaje con la corteza terrestre y rastrear los cambios en los patrones de energía del océano, que están estrechamente vinculados a procesos climáticos como huracanes, tormentas costeras y variaciones del nivel del mar (Gualtieri *et al.*, 2018).

El análisis del campo aleatorio de ondas sísmicas, generalmente llamado interferometría sísmica (Snieder y Larose, 2013), es un método que aprovecha las interacciones naturales entre las olas del océano y la corteza terrestre, que producen un campo de ondas que se denomina banda microsísmica I o II (Arduin *et al.*, 2011). Este campo de ondas transita a través de la superficie de la Tierra de manera isotrópica y son registradas por estaciones sismológicas en cualquier parte del mundo (ver figura 9.1). Aunque, el uso principal de los datos sísmicos es detectar y localizar terremotos, el ruido de fondo constante generado por las olas del océano, especialmente en la banda de microsísmica II (períodos de uno a 10 segundos), ofrece información valiosa sobre las condiciones oceánicas y ambientales (Larose *et al.*, 2015).

Investigaciones recientes (Chaves y Schwartz, 2016; Núñez *et al.*, 2020) han demostrado que, mediante la correlación cruzada del ruido sísmico ambiental, es posible reconstruir las funciones de Green (respuesta a un impulso transitorio de tensión en la corteza terrestre; por ejemplo, aquellos originados por sismos, huracanes, entre otros) entre pares de estaciones. Las funciones de Green permiten monitorear cambios en la estructura interna de la Tierra, provocados también por procesos externos como

A medida que las temperaturas globales continúan aumentando debido al cambio climático, se espera que la dinámica de los océanos experimente cambios significativos. Por ejemplo, se prevé que la frecuencia e intensidad de los huracanes y las tormentas costeras aumenten significativamente en los siguientes años (Aumann *et al.*, 2008), alterando los patrones de energía en la dinámica oceánica y, en consecuencia, en las señales sísmicas registradas por las estaciones sismológicas a lo largo de la costa. El aumento del nivel del mar, una consecuencia directa del calentamiento global también afectará a las regiones costeras y potencialmente transformará los ecosistemas marinos que dependen de condiciones oceanográficas estables. La sismología, y particularmente el uso de la interferometría sísmica (Schuster, 2009), ofrece una oportunidad prometedora para rastrear estos cambios, especialmente en regiones donde los instrumentos oceanográficos tradicionales, como las boyas, pueden ser escasos o difíciles de mantener.

La interferometría sísmica es una metodología adecuada para regiones en vías de desarrollo, como el Pacífico Sur de Costa Rica, donde el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSI-CORI) de la Universidad Nacional (UNA) opera una red sísmica de banda ancha permanente (figura 9.2), por lo tanto, las interacciones dinámicas entre el océano y la corteza terrestre pueden manifestarse durante todo el año. En esta región, el Golfo Dulce y las penínsulas adyacentes de Osa y Burica experimentan variaciones estacionales en el oleaje. Estas variaciones pueden monitorearse mediante el ruido sísmico ambiental. Al analizar los coeficientes de correlación (o similitud) de las funciones de Green a lo largo del tiempo, se detectan cambios relacionados con las fuentes que modulan la dinámica oceánica, así como sus interacciones con la corteza. Este método proporciona un medio no invasivo y rentable para monitorear el océano, que podría volverse cada vez más crítico a medida que el cambio climático exacerba los patrones meteorológicos e impacta las regiones costeras.

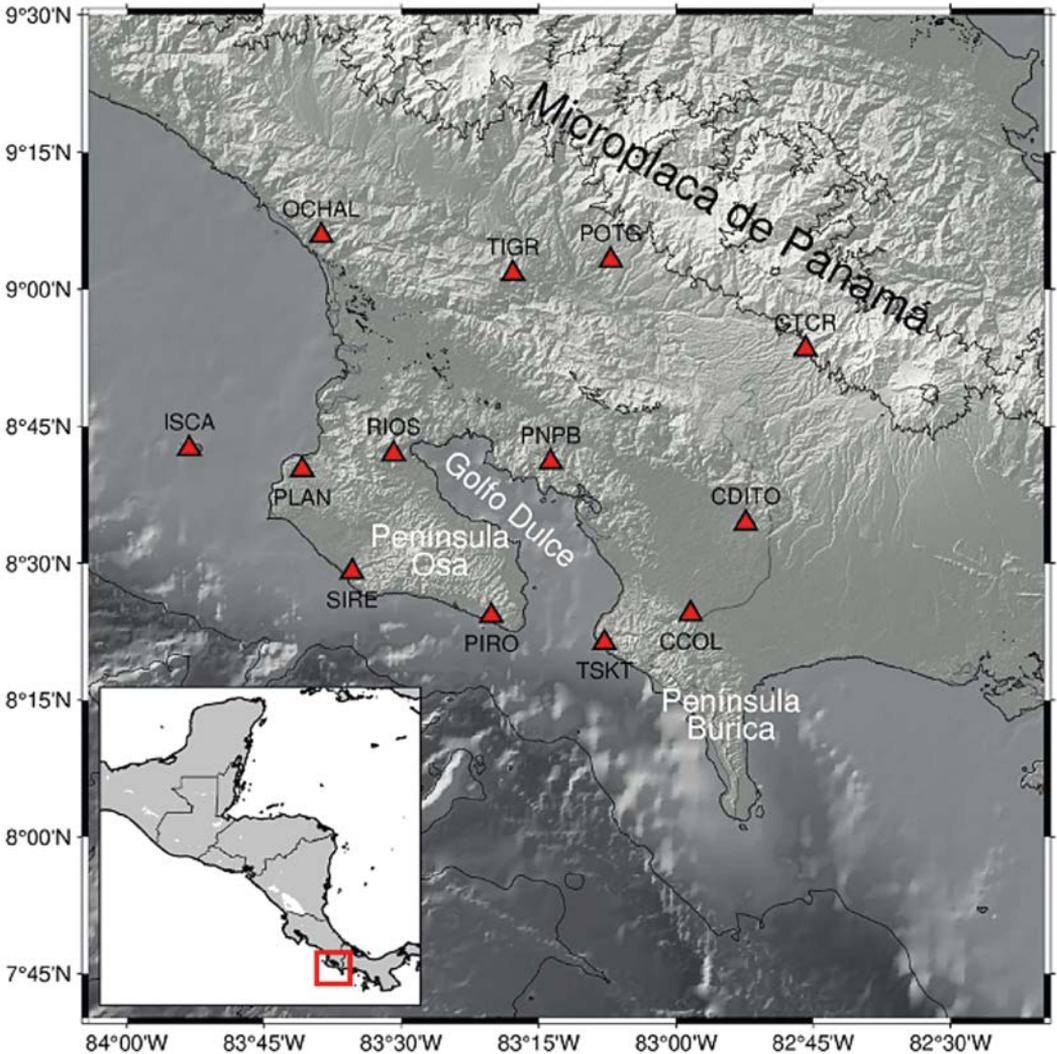


Figura 9.2. Mapa que muestra la distribución espacial de las estaciones sismológicas (triángulos) operadas por el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, OVSICORI, en el sur de Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia.

Además, las implicaciones ambientales de los cambios en la dinámica oceánica involucran no únicamente los procesos físicos. Los ecosistemas marinos, que dependen de la estabilidad de las condiciones oceánicas, probablemente son afectados por los cambios en la temperatura, la salinidad y las corrientes oceánicas. Estos ecosistemas con alta biodiversidad, son vitales para el sustento de muchas comunidades costeras, incluidas las del Pacífico Sur de Costa Rica. La sismología, al proporcionar un registro continuo de la vibración terrestre asociada a la dinámica oceánica, puede ofrecer señales de alerta temprana como una respuesta oportuna e informada asociada a los factores de estrés y a los desafíos que plantea el cambio climático.

En los próximos años, a medida de que los efectos del cambio climático sean más pronunciados, es probable que la sismología en la vigilancia de los océanos adquiera mayor importancia, especialmente considerando la capacidad para proporcionar datos en tiempo real sobre las condiciones oceánicas, combinada con su cobertura mundial a través de las redes sísmicas existentes, convierte a esta metodología en una herramienta poderosa tanto para los científicos como para los responsables de generar políticas públicas. Al integrar los datos sísmicos con otros sistemas de vigilancia ambiental, como las observaciones por satélite, las boyas oceanográficas y otros sistemas de monitoreo, se podría desarrollar una comprensión más integral de los cambios que se producen en los océanos y sus implicaciones ambientales.

¿Cómo es posible utilizar la interferometría sísmica y, en particular, el ruido sísmico ambiental para la vigilancia de los océanos? Dado que el ruido sísmico ambiental se forma a partir de ondas superficiales, producidas por la interacción entre el oleaje de los océanos y la corteza terrestre, los sismólogos pueden basarse en las propiedades mecánicas de este tipo de ondas, como la dispersión, para analizar no solo los cambios plausibles en la corteza terrestre, sino también los cambios en las fuentes de ruido ambiental, incluidas las interacciones entre el océano y la corteza. Los sismólogos pueden descomponer el campo de ondas superficiales en diferentes rangos de frecuencia y cada uno de ellos tendrá 1) una sensibilidad a distintas profundidades y 2) dependerá de las fuentes de ruido y su variabilidad a lo largo del tiempo.

Observaciones: variabilidad estacional y anual en el Pacífico Sur de Costa Rica

Un ejemplo de cómo la sismología puede utilizarse para el monitoreo de los océanos y el clima es la siguiente: se calculó la correlación cruzada de ruido sísmico ambiental entre los registros anuales de todos los pares de estaciones que se muestran en la figura 9.2. Para esto, se utilizó la banda de períodos de uno a tres segundos (0,333 a 1 Hz), que es más sensible a las interacciones de las olas del océano con la línea de costa en períodos cortos. Para todos los pares de estaciones, extrajimos las Funciones de Green (FG) diarias, entre los años 2019 y 2023. Estas FG contenían toda la información relacionada con el estado de salud de la litósfera somera de cada día. Para recuperar el estado promedio de las vibraciones de la corteza terrestre en el Pacífico Sur de Costa Rica y sus fuentes, se reconstruyó una Función de Green de referencia para el período (2019-2023), simplemente promediando linealmente las FG diarias. Además, se analizó el comportamiento diario de las FG midiendo el coeficiente de correlación (o similitud) con respecto a la FG de referencia.

La figura 9.3 muestra un ejemplo de los resultados obtenidos entre el par de estaciones CCOL-RIOS. La trayectoria del campo de ondas superficiales entre estas estaciones cruza el Golfo Dulce, como se muestra en la figura 9.2 y, por lo tanto, la información sismológica que viaja entre este par de estaciones contiene toda la información sobre el fondo oceánico y la línea costera en la región. Los cambios transitorios en la fuente de ruido ambiental o en la composición estructural de la corteza o en la combinación de ambos, resultará en una reducción en el coeficiente de correlación entre las FG diarias y la FG de referencia. Los resultados muestran efectos de inestabilidad estacional en las fuentes de ruido ambiental en el Pacífico Sur, reflejados, por ejemplo, como interferencia negativa que aparece anualmente, siempre entre enero y mayo, en el interferograma (panel A) de la figura 9.3.

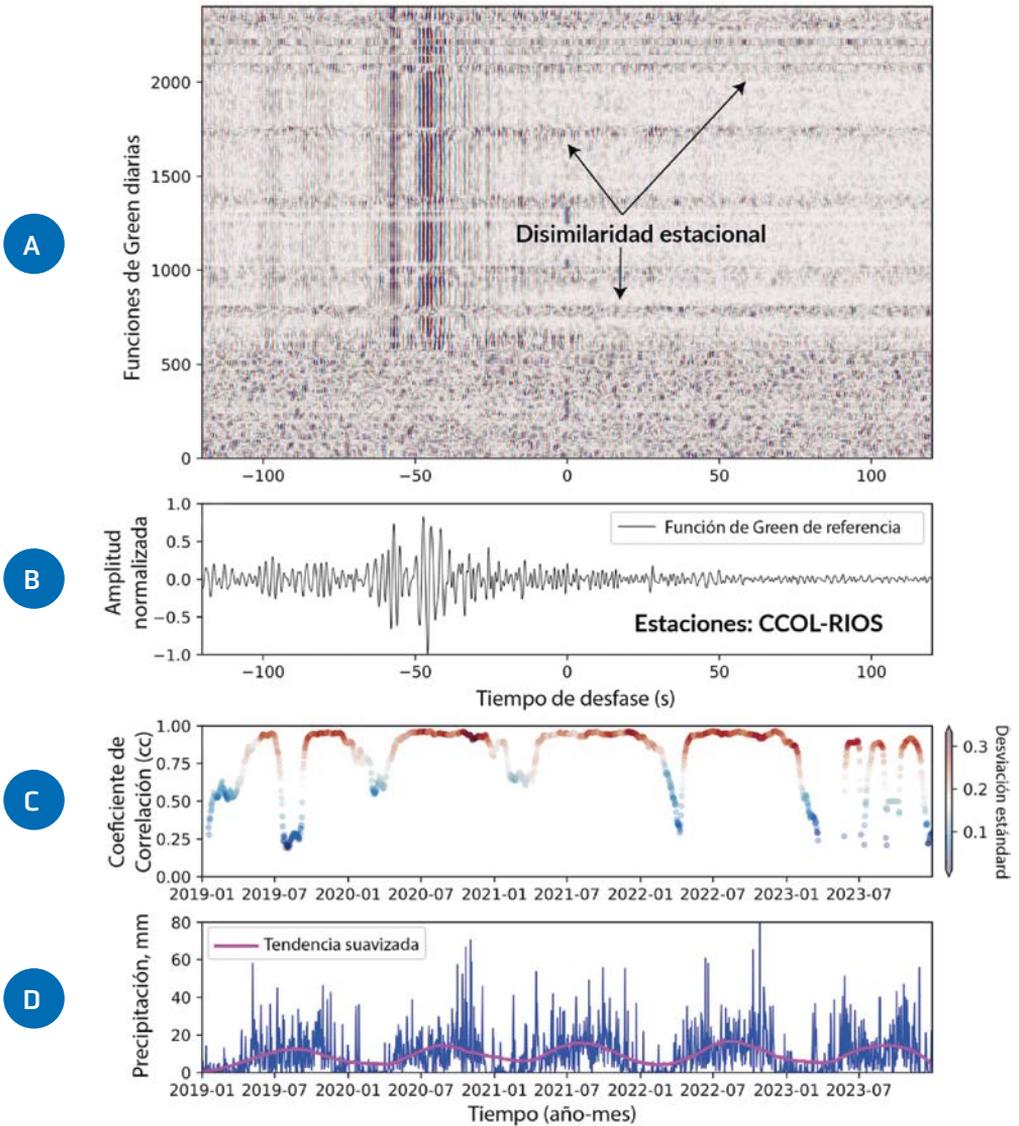


Figura 9.3. La figura muestra los resultados obtenidos entre la correlación cruzada del ruido sísmico ambiental entre las estaciones CCOL y RIOS. El panel A) muestra el interferograma de las funciones de Green diarias. Cada línea

representa el estado diario de la corteza terrestre en el período de uno a tres segundos. La aparición de interferencia negativa es clara ya que muestra líneas horizontales que interrumpen el patrón de colores azul y rojo. El panel B) muestra la función de Green de referencia, obtenida después de promediar las FG diarias para todo el período de estudio (2019-2023). El panel C) muestra el coeficiente de correlación cruzada en función del tiempo, codificado por colores por desviación estándar. El panel D) muestra la tabla de precipitación para el mismo período de análisis. La línea magenta resalta la tendencia suavizada durante las estaciones lluviosa y seca.

Fuente: Elaboración propia.

El efecto estacional también se refleja en la evolución temporal del coeficiente de correlación, CC, que se reduce al menos en un 30 % cada año desde el 2019 (ver panel C en la [figura 9.3](#)). La reducción en CC corresponde temporalmente con una reducción estacional en la precipitación (panel D en la [figura 9.3](#)), y por ende, con un cese en la cantidad (o frecuencia) de tormentas y en la interacción del océano con la costa en forma de olas de período corto. La [figura 9.4](#) muestra el índice de correlación, dado por el resultado de $1-CC$, en función del tiempo e incluye más pares de estaciones ubicadas en las penínsulas de Osa y Burica. Los resultados demuestran que la estacionalidad no está restringida a uno o pocos pares de estaciones, sino que es una condición general para todo el Pacífico Sur, además, tampoco está relacionada con fallas en la instrumentación. La línea negra en la [figura 9.4](#) refleja el comportamiento promedio en la región, donde se produjeron cambios claros en las fuentes de ruido ambiental entre enero y mayo, con picos en la decorrelación durante abril de cada año.

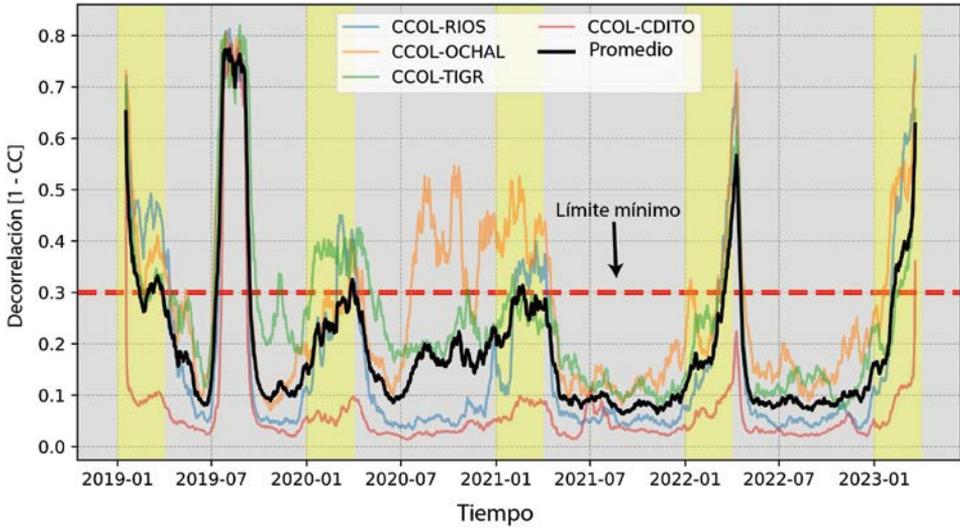


Figura 9.4. Decorrelación de la función empírica de Green en el tiempo para un número seleccionado de pares de estaciones sísmicas (líneas de color sólido) distribuidas a lo largo de las penínsulas de Osa y Burica en el Pacífico Sur de Costa Rica. En la figura, la línea gruesa negra representa la decorrelación media observada entre todos los pares de estaciones. La línea discontinua roja horizontal resalta el aumento del 30 % en la decorrelación. Los rectángulos amarillos resaltan el período entre enero y abril de cada año, cuando la decorrelación alcanza su pico estacional. El aumento de la decorrelación observada entre finales de junio y agosto de 2019 se generó por el terremoto de $M_w=6.5$ de Puerto Armuelles que ocurrió el 26 de junio a las 05:23:48 UTC y su secuencia de réplicas.

Fuente: Elaboración propia.

Los mapas de coeficientes de correlación (figura 9.5) para las estaciones seca y lluviosa revelaron una variabilidad anual y estacional significativa en la similitud de las formas de ondas sísmicas, con patrones notables que surgen en relación con las condiciones climáticas y oceánicas en la zona. Por ejemplo, 2019 exhibió los valores mínimos de CC más bajos durante las estaciones seca y lluviosa, como lo indica la prevalencia de líneas verdes y amarillas en los mapas. La variabilidad en CC durante este año podría atribuirse a condiciones climáticas menos consistentes, que pueden ser influenciadas por patrones climáticos localizados, ruido oceánico profundo y cambios en la interacción de las olas de período corto con la costa.

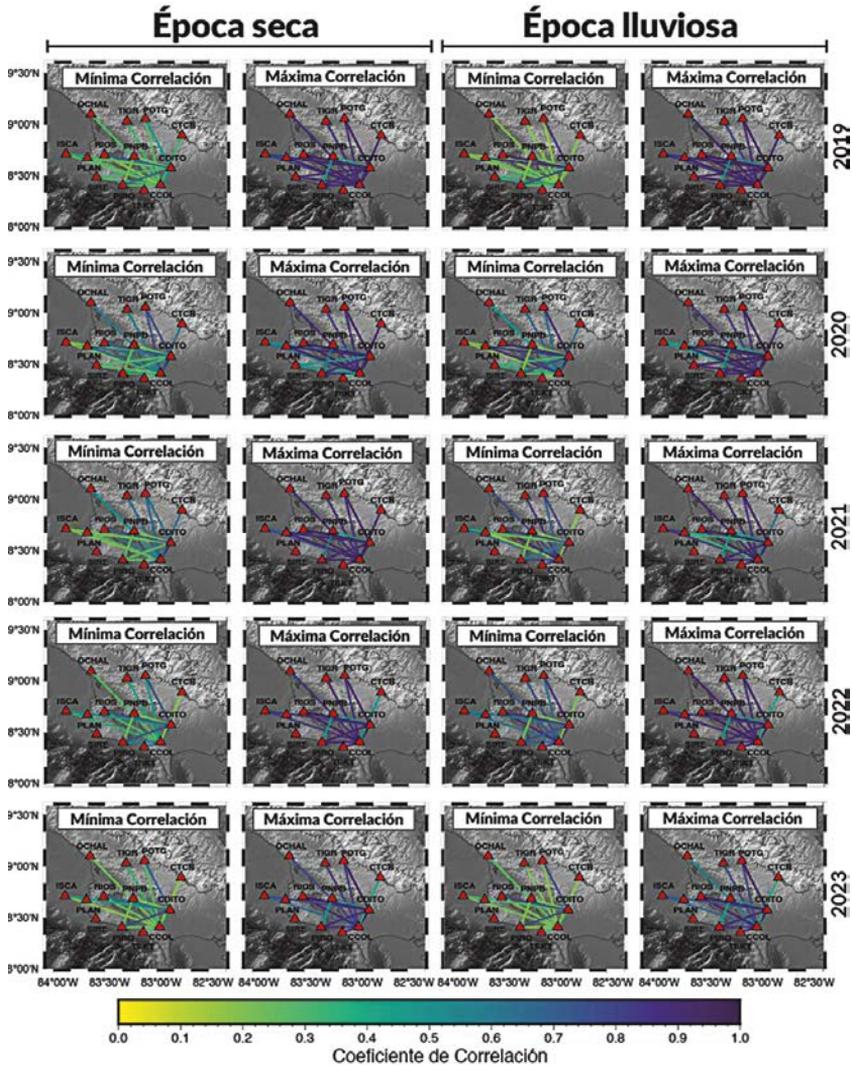


Figura 9.5. Distribución estacional de los valores mínimos y máximos de CC entre pares de estaciones en el Pacífico Sur de Costa Rica obtenidos a través de la correlación cruzada anual de ruido sísmico ambiental. En la figura, cada fila corresponde con la comparación de CC entre la época seca y la lluviosa para los años 2019-2023, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

La amplitud de decorrelación identificada es similar para los años 2019, 2022 y 2023, con un valor medio de 0,65, mientras que para los años 2020 y 2021 el índice de decorrelación medio es de 0,31, los cuales pueden estar relacionados con la actividad producida por los efectos de La Niña en ese periodo de tiempo. Las condiciones de La Niña típicamente aumentaron las precipitaciones en la región, particularmente en las áreas del Pacífico central y sur, lo cual provocó lluvias persistentes, especialmente durante la última parte de la temporada de lluvias. En 2021, las fuertes lluvias se exacerbaron por la interacción de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) y el paso de ondas tropicales, lo que desencadenó alertas meteorológicas en partes del Pacífico Sur, por lo que se realizaron advertencias por posibles inundaciones y deslizamientos de tierra debido a la saturación del suelo.

Por otro lado, La Niña suele provocar un aumento tanto en las precipitaciones como en las tormentas y esto a su vez provoca cambios en las profundidades del océano que influye favorablemente en las señales sísmicas debido a los cambios o la estabilidad del campo de ondas de ruido ambiental. A menor índice de decorrelación (mayor CC), durante enero-mayo del 2020 y 2021 se infiere que las formas de onda sísmicas fueron más consistentes, similares y estables. El efecto de La Niña podría generar condiciones de ruido más estables que fueron relativamente constantes a lo largo del tiempo, reduciendo la variabilidad en las señales sísmicas y manteniendo la similitud de las formas de onda durante la transición de la temporada de lluvias a la temporada seca.

Por el contrario, un mayor índice de decorrelación (menor CC), durante enero-mayo de 2019, 2022 y 2023 sugiere una mayor variabilidad en las formas de onda sísmicas, posiblemente debido a condiciones climáticas menos estables o transiciones climáticas más marcadas. En estos años, que no fueron tan fuertemente afectados por La Niña, las señales sísmicas podrían influenciar por factores climáticos esporádicos o menos predecibles, como tormentas localizadas, actividad oceánica fluctuante o niveles variables de saturación del suelo. Estos factores introdujeron más variabilidad en las señales sísmicas, haciendo que estuvieran menos correlacionadas y, por lo tanto, conduciendo a valores de decorrelación más altos.

En contraste, los años 2020 y 2021 mostraron valores de CC consistentemente más altos durante las épocas seca y lluviosa mientras los valores mínimos de CC, en particular, fueron significativamente más altos en estos años en comparación con 2019. Esto sugiere condiciones de ruido ambiental más estables, lo que puede atribuirse al fenómeno de La Niña que afectó a la región durante estos años. La Niña trae lluvias y actividad oceánica constantes, como se mencionó anteriormente, lo que genera fuentes y condiciones de ruido estables en la corteza superficial que redujeron la variabilidad del ruido y provocaron formas de onda sísmicas más consistentes. Los valores de CC más altos en varios pares de estaciones en estos años refuerzan un entorno de ruido constante y uniforme durante las estaciones secas y lluviosas. Por otro lado, el análisis de 2022 y 2023 reveló un retorno a formas de onda sísmicas más variables, con valores mínimos de CC más bajos identificados durante ambas temporadas, particularmente en 2023. La mayor presencia de líneas verdes en estos mapas sugiere una mayor disimilitud en las formas de onda, probablemente debido a condiciones climáticas menos estables. Asimismo, estos años no experimentaron la misma influencia de La Niña que 2020 y 2021, lo que presenta mayor variabilidad en la similitud de las formas de onda. Los valores máximos de CC durante estos años se mantuvieron relativamente altos, lo que indica que, a pesar de la mayor variabilidad, todavía hubo períodos de alta similitud en las formas de onda.

Discusión y conclusiones

Este estudio demuestra que la correlación cruzada del ruido sísmico ambiental es una herramienta poderosa para monitorear las interacciones dinámicas entre las olas del océano y la corteza terrestre, particularmente en regiones que podrían verse dramáticamente afectadas por el cambio climático. Al analizar la estabilidad temporal de los FG, extraídos del ruido sísmico ambiental en la banda de período de uno a tres segundos, se identificaron variaciones estacionales que reflejan la influencia de las condiciones oceánicas y atmosféricas en el campo de ondas sísmicas. Las variaciones más fuertes ocurrieron durante la estación seca (enero-abril)

de cada año, con coeficientes de correlación que cayeron hasta un 70 % durante este período. Estas reducciones están asociadas con una menor actividad de tormentas, oleajes costeros y energía general de las olas, como lo confirman los datos de precipitación concurrentes. Esta decorrelación temporal subraya la sensibilidad de la interferometría sísmica a los cambios climáticos, particularmente en las regiones costeras donde la dinámica del océano influye fuertemente en el campo de ruido ambiental.

Las variaciones anuales en 2020 y 2021 fueron especialmente significativas, en donde la influencia de La Niña resultó en condiciones oceánicas más estables, reflejadas en índices de decorrelación más bajos en comparación con los patrones más variables observados en 2019, 2022 y 2023. La Niña generalmente desata un aumento de las precipitaciones y una actividad constante de las olas del océano, lo que probablemente contribuyó a condiciones de ruido más estables y, a su vez, funciones de Green más consistentes durante estos años. Este hallazgo coincide con estudios previos que destacan el impacto de las interacciones océano-atmósfera a gran escala, como El Niño y La Niña, en el campo del ruido sísmico (p. ej., [Gualtieri et al., 2018](#)). Estos resultados sugieren que la interferometría sísmica puede servir como un indicador para monitorear fenómenos ambientales y climáticos más amplios, que brinda información sobre los efectos de los patrones climáticos a gran escala en la dinámica costera.

Referencias

- Ardhuin, F., Stutzmann, E., Schimmel, M., & Mangeney, A. (2011). Ocean wave sources of seismic noise. *Journal of Geophysical Research*, 116, 1-21. <https://doi.org/10.1029/2011JC006952>
- Aumann, H. H., Ruzmaikin, A., & Teixeira, J. (2008). Frequency of severe storms and global warming, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L19805. <https://doi.org/10.1029/2008GL034562>
- Chaves, E. J. & Schwartz, S. Y. (2016). Monitoring transient changes within overpressured regions of subduction zones using ambient seismic noise. *Science Advances*, 2(1), 1-6. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501289>

- Gualtieri, L., Camargo, S.J., Pascale, S., Pons, F., & Ekström, G. (2018). The persistent signature of tropical cyclones in ambient seismic noise. *Earth and Planetary Science Letters*, 484, 287-294. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.12.026>
- Larose, E., Carrière, S., Voisin, C., Bottelin, P., Baillet, L., Guéguen, P., Walter, F., Jongmans, D., Guillier, B., Garambois, S., Gimbert, F. & Massey, C. (2015). Environmental seismology: What can we learn on earth surface processes with ambient noise? *Journal of Applied Geophysics*, 116, 62-74. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2015.02.001>
- Minière, A., von Schuckmann, K., Sallée, JB., & Vogt, L. (2023). Robust acceleration of Earth system heating observed over the past six decades. *Scientific Reports*, 13(2975). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49353-1>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2024). *How much water is in the ocean?* <https://oceanservice.noaa.gov/facts/oceanwater.html>
- Núñez, E., Schimmel, M., Stich, D. & Iglesias, A. (2020). Crustal Velocity Anomalies in Costa Rica from Ambient Noise Tomography. *Pure and Applied Geophysics*, 177(3), 941-960. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02315-z>
- Schuster, G. T. (2009). *Seismic Interferometry*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511581557>
- Snieder, R., & Larose, E. (2013). Extracting Earth's Elastic Wave Response from Noise Measurements. *Annual Review of Earth Planetary Sciences*, 41(1), 9.1-9.24. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-050212-123936>



Oceanografía física al servicio de la toma de decisiones informadas

José Mauro Vargas Hernández³¹
Marcelo Salas Cascante³²
Juan Pablo Salazar Ceciliano³³
Alexandre Tisseaux Navarro³⁴

-
- 31 Dr. José Mauro Vargas Hernández, Universidad Nacional, Departamento de Física, Servicio Regional de Información Oceanográfica (SERIO), jose.vargas.hernandez@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-7014-7054>
- 32 M.Sc. Marcelo Salas Cascante, Universidad Nacional, Departamento de Física Servicio Regional de Información Oceanográfica (SERIO), marcelo.salas.cascante@una.ac.cr, <https://orcid.org/0009-0004-3869-3735>
- 33 M.Sc. Juan Pablo Salazar Ceciliano. Universidad Nacional, Departamento de Física, Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero (LAOCOS), juan.salazar.ceciliano@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-6951-5286>
- 34 M.Sc. Alexandre Tisseaux Navarro, Universidad Nacional, Departamento de Física, Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero (LAOCOS), alexandre.tisseaux.navarro@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-2634-2036>

El estudio de la dinámica costera en Costa Rica avanzó en las últimas dos décadas debido a diversos programas de investigación que han permitido monitorear los parámetros oceanográficos en las costas del Pacífico y el Caribe. Estos estudios se basan en observaciones realizadas por un equipo científico, con la integración de información de modelos numéricos computacionales, lo cual permite una mejor comprensión de los diferentes procesos hidrodinámicos en golfos, bahías y estuarios del país. Dicha labor no solo enriquece el conocimiento científico, sino que también proporciona información clave para la toma de decisiones en las comunidades costeras, contribuyendo al manejo sustentable de sus recursos.

Este capítulo aborda las experiencias significativas de investigación en oceanografía física costera realizadas por el Departamento de Física de la Universidad Nacional. Específicamente, se presentan dos experiencias relevantes de investigación en oceanografía costera realizadas en el golfo de Nicoya, en el Pacífico Central y en la Bahía de Santa Elena, en el Pacífico Norte. El golfo de Nicoya (figura 10.1, panel inferior) es un sistema estuarino con una hidrodinámica compleja, en el cual se desarrollan actividades de alto valor socioeconómico para Costa Rica. Por otro lado, la bahía Santa Elena (figura 10.1 panel superior) se designó como un área de manejo marino (MINAE, 2018). En ambos casos, se analiza la utilidad del monitoreo costero usando herramientas de alta tecnología para el beneficio de las comunidades costeras y de Gobiernos locales.

GESTIÓN DE LOS OCÉANOS:
ALGUNAS LECCIONES APRENDIDAS EN EXPERIENCIAS TROPICALES

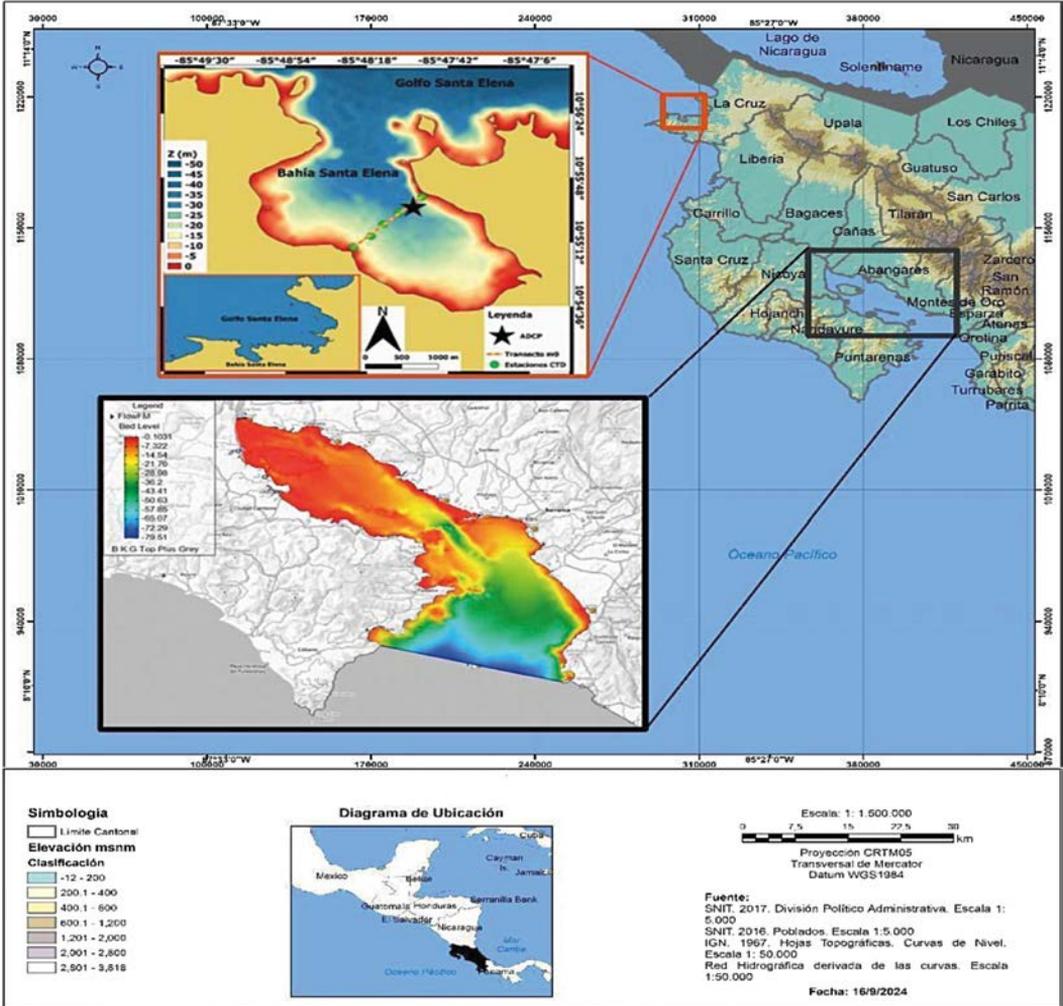


Figura 10.1. (Panel superior). Ubicación geográfica de la bahía de Santa Elena y su batimetría en metros. Fuentes: Ortiz-Malavasi, E. (2014). Atlas Digital de Costa Rica. ITCR. Datos batimétricos de Tisseaux-Navarro *et al.*, 2021 (panel inferior). Ubicación geográfica del golfo de Nicoya y su batimetría en metros interpoladas en la grilla del modelo hidrodinámico en Delft3D. Las líneas azules destacan los límites abiertos del modelo donde se especifican condiciones iniciales y de frontera.

Fuente: Elaboración propia.

En ambas experiencias se usaron instrumentos especializados que permiten registrar mediciones en el campo, mediante diversas metodologías. Dos equipos fundamentales usados en las campañas oceanográficas son los correntómetros acústicos (ADCP, [figura 10.2A-B](#)) y las sondas multiparamétricas CTD ([figura 10.2C](#)). Con el ADCP se determinan la magnitud y la dirección de las corrientes marinas a lo largo de toda la columna de agua. Mientras que con el CTD se registran la temperatura del agua, la conductividad (asociada con la salinidad), turbidez, concentración del oxígeno disuelto, concentración de clorofila, nivel del agua, entre otras variables que proporcionan una comprensión más detallada de las características físicas de los diferentes cuerpos de agua costeros en estudio. Ambos equipos se pueden usar de diferentes maneras, una opción es colocándolos en puntos fijos en el lecho marino o en algún sitio a lo largo de la columna de agua sujetos por boyas (anclajes). Dicha configuración permite obtener series de tiempo de diversas variables por semanas o meses, que favorecen el monitoreo continuo.

Otra alternativa es realizar mediciones desde una embarcación en movimiento a lo largo de transectos, lo cual permite captar las variaciones espaciales (vertical y horizontal) de parámetros físicos. Por otro lado, también se emplean modelos numéricos computacionales como un complemento valioso de las observaciones de campo para comprender los mecanismos físicos que gobiernan la hidrodinámica costera. Las simulaciones numéricas de diferentes escenarios en conjunto con mediciones *in situ* ayudan a determinar qué factores que influyen en la variabilidad observada de los parámetros mencionados anteriormente. Esta información es crucial para la toma de decisiones informadas en actividades económicas desarrolladas en las zonas costeras como la navegación en puertos, maricultura, planificación de infraestructura, pesca, entre otros.

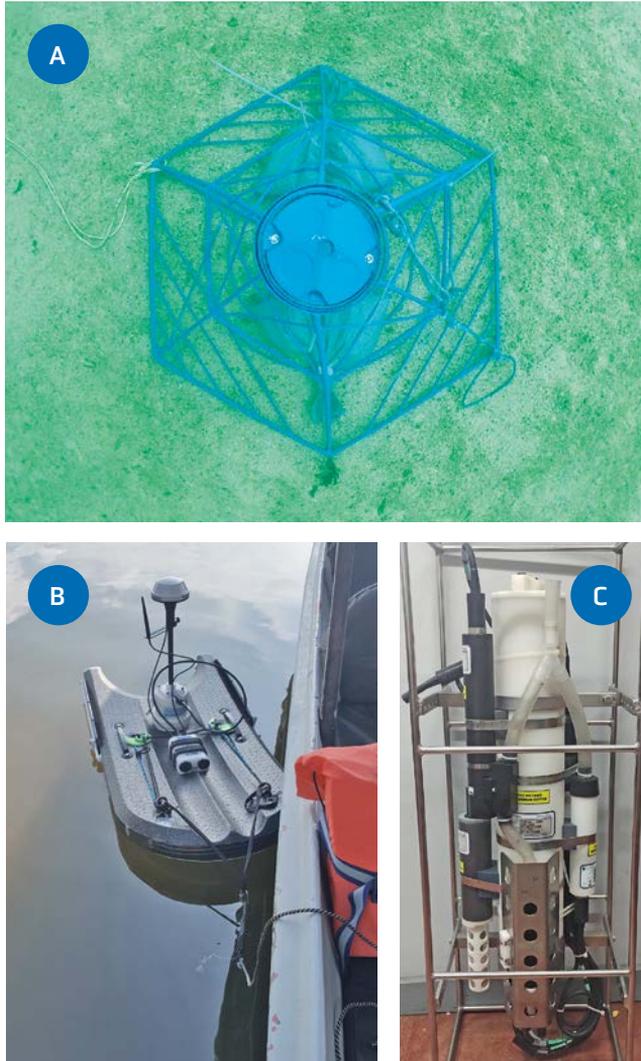


Figura 10.2. Instrumentos usados en oceanografía: perfiladores de corrientes acústico Doppler (ADCP) para uso en (A) puntos fijos (anclajes) y desde una embarcación en movimiento (B); (C) sonda conductividad-temperatura-profundidad (CTD), la cual también incorpora sensores de oxígeno disuelto, clorofila y turbidez.

Fuente: Elaboración propia.

Monitoreo en el golfo de Nicoya

El golfo de Nicoya es el más grande de Costa Rica situado en la vertiente del Pacífico y es el más importante para el país desde la perspectiva socioproductiva, debido a que alberga dos de los principales puertos de Costa Rica: Caldera y Puntarenas. Estos puertos son fundamentales para el desarrollo del turismo y el intercambio de mercancías con el exterior. Además, el golfo tiene una gran importancia en la economía local por medio de la pesca artesanal y la maricultura: actividades clave para las comunidades costeras. Desde el punto de vista oceanográfico el golfo de Nicoya se comporta como un complejo estuarino ya que en su cuenca drenan varios ríos, entre los de mayor caudal están el río Tempisque, ubicado en la zona interna del golfo, y el río Grande de Tárcoles en la zona externa.

A partir del 2020, comenzaron estudios dirigidos a aumentar la frecuencia temporal de muestreo de las variables oceanográficas en el golfo de Nicoya, con el objetivo de generar evidencia científica que permita recomendar a las comunidades y gobiernos costeros en sus actividades socioeconómicas y de conservación. Para ello, se implementaron estudios y mediciones con ADCP y CTD operados desde una embarcación en movimiento a lo largo de transectos durante un ciclo completo de marea (> 12 horas). En estudios anteriores, este proceso no se realizaba.

Estas mediciones de alta frecuencia permiten realizar un análisis matemático para obtener las condiciones residuales o medias de los datos muestreados a lo largo de una sección transversal en el Golfo de Nicoya. Por ejemplo, este análisis permite separar la influencia de la marea en las observaciones de velocidad del agua, aislando el flujo neto. Además, posibilita determinar la rapidez y dirección de objetos o sustancias suspendidas en el agua tras varios días a la deriva, y resulta útil para estimar el tiempo de renovación del agua en un estuario. También se implementó la colocación de instrumentos en lugares estratégicos fijos (anclajes), que permiten monitorear las variaciones temporales de parámetros hidrográficos a lo largo de toda la columna de agua, tanto en época seca como lluviosa.

Las condiciones ambientales varían según las estaciones del año. Por ejemplo, durante la época lluviosa hay un mayor aporte de agua dulce

y materia orgánica de los ríos al mar. Este fenómeno combinado con el debilitamiento de los vientos del noreste, modifica las corrientes marinas, niveles de salinidad, de agua y la concentración de oxígeno del agua. Estos cambios son cruciales para la actividad de maricultura, pues la supervivencia y el crecimiento de varias especies dependen en gran medida de las variaciones ambientales en el agua.

A través de un monitoreo continuo se han cuantificado las variaciones en el nivel del agua y las corrientes marinas a lo largo de la columna de agua que salen o entran al golfo de Nicoya en un sitio ubicado a la mitad del golfo (cerca del muelle de cruceros de Puntarenas). Con este monitoreo determinamos que las variaciones en ambos parámetros se debieron mayormente a la marea semidiurna (periodos alrededor de 12 horas) debidos a efectos astronómicos, pero haciendo un análisis más profundo es posible demostrar que hay otros factores que influyen en la variabilidad en períodos mayores a 30 horas (componente submareal).

De manera similar, se identificaron disminuciones en la salinidad y oxígeno disuelto en el agua, que no se presentan en este documento. Esto se da durante época lluviosa en la zona interna del golfo de Nicoya, cerca de la desembocadura del río Tempisque.

Es necesario estudiar estas variaciones en detalle debido a que pueden afectar la calidad del agua, y por lo tanto, la supervivencia y crecimiento de especies marinas, como los cultivos de ostras.

En paralelo a las campañas de campo, se inició la construcción de un modelo numérico computacional hidrodinámico en el golfo de Nicoya para simular los principales parámetros oceanográficos en tres dimensiones: nivel de agua, campos de corrientes, temperatura y salinidad. El fin es usarlo como herramienta para la toma de decisiones, proporcionando información básica sobre el posible comportamiento de parámetros oceanográficos dentro del golfo. Esto resulta de ayuda para la planificación de actividades de navegación, maricultura, pesca, manejo costero, entre otros.

El desarrollo de dicho modelo ha exigido el levantamiento de información oceanográfica *in situ* que permita su calibración y validación. Durante proceso de configuración del modelo, se creó una grilla o malla en la que se resuelven las ecuaciones de dinámica de fluidos para cada celda. Esto permite comprender la evolución temporal y espacial de las variables

hidrográficas. En esta malla se realizaron interpolaciones de la batimetría para establecer las variaciones espaciales de profundidad en la zona de estudio (figura 10.1, panel inferior).

Las observaciones batimétricas provienen tanto de cartas náuticas existentes como de mediciones recientes realizadas con ecosondas. El mapa de batimetría (ver figura 10.1, panel inferior) muestra que las zonas más profundas del golfo de Nicoya se encuentran en la zona más externa del golfo y a lo largo del canal principal que pasa entre Puntarenas y la isla San Lucas. Por otro lado, las zonas más someras (baja profundidad) están en la zona interna del golfo, cerca de la desembocadura del río Tempisque, aunque los canales que bordean isla Chira (la isla más interna del golfo) presentan mayores profundidades en comparación con sus alrededores.

Hasta el momento, el modelo ha logrado simular con éxito las variaciones del nivel de agua en las zonas interna, media y externa del Golfo de Nicoya. Utilizando datos de nivel de agua registrados durante las estaciones lluviosa y seca mediante un sensor de presión ubicado en el muelle de cruceros de Puntarenas, se calibró y validó el desempeño del modelo en la zona media del golfo. Este proceso permitió explicar correctamente el comportamiento observado en más del 97 % de los casos, evidenciando una correspondencia satisfactoria entre los niveles de agua medidos y los simulados por el modelo.

Se han obtenido resultados similares para la zona interna (isla Chira) y externa del golfo (Herradura). Las simulaciones del modelo se realizaron con veinte capas verticales e incluyen las constituyentes principales de la marea, viento simulado por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, mediante el modelo WRF-2 (Numerical Weather Models - IMN, s. f.) y caudales de los principales ríos que drenan en el golfo de Nicoya.

Actualmente se trabaja en la calibración y validación del modelo para corrientes marinas, salinidad y temperatura mediante la comparación con observaciones de campo que se obtuvieron en diferentes sitios del golfo. Una vez que el modelo esté calibrado y validado para todas las variables, será de gran utilidad no solo para entender los mecanismos físicos que gobiernan la variabilidad de parámetros oceanográficos, sino también para la toma de decisiones de las autoridades portuarias y Gobiernos locales de zonas costeras en lo referente a la segura navegación y el eficiente atraque de barcos en los puertos.

Adicionalmente, el modelo será una herramienta clave en la planificación de construcción de infraestructura costera, en el seguimiento de derrames de carburantes, propagación de algas nocivas y plumas de sedimento durante las actividades de dragado. Asimismo, en la elección de los sitios idóneos para actividades comerciales de maricultura, así como en la determinación de zonas de inundación, causadas por los aumentos extraordinarios de los niveles de agua, entre otras aplicaciones.

Monitoreo en bahía Santa Elena

El clima en el Pacífico Norte costarricense presenta una época seca de noviembre a abril, caracterizada por una escasa precipitación y aumento en la intensidad de los vientos del noreste. La presencia de estos fuertes vientos forma un chorro de viento que se forma al interactuar con la topografía alrededor del Lago Nicaragua en el norte de Costa Rica y el sur de Nicaragua; y son denominados “chorro de Papagayo” (Chelton *et al.*, 2000; Clarke, 1988).

La época lluviosa se extiende de mayo a octubre y se caracteriza por un aumento en la precipitación y una disminución del viento del noreste. Sin embargo, entre julio y agosto existe la canícula o “veranillo”, que se genera al reducir la precipitación debido al aumento de la intensidad del viento del noreste con respecto a los otros meses de temporada lluviosa (Amador, 1998).

La bahía Santa Elena (BSE) se ubica en el Pacífico Norte de Costa Rica, es un sistema costero semicerrado adyacente al golfo de Santa Elena (figura 10.1, panel superior). La bahía es importante para las comunidades por su potencial turístico y pesquero (Villalobos-Rojas *et al.*, 2014). Con el fin de conservar y utilizar de manera sostenible los recursos marinos de la zona, la BSE se declaró Área de Manejo Marino en junio de 2018 (MINAE, 2018). Adicional, la BSE tiene una profundidad promedio de 15 m y un canal que se extiende de noroeste a sureste (Tisseaux-Navarro *et al.*, 2021) y la marea que ingresa al sistema se propaga desde el Pacífico hacia el Golfo de Santa Elena y muestra un rango de marea promedio de 2,3 m y 2,7 en sicigias (Lizano, 2006, Tisseaux-Navarro *et al.*, 2024b).

El Departamento de Física inició su trabajo en BSE con dos campañas de medición a finales de agosto y octubre de 2019. En estas campañas, se midieron corrientes marinas a lo largo de un transecto perpendicular al canal principal de la BSE con un correntómetro acústico ADCP, el cual se usó desde una embarcación en movimiento, perfilando toda la columna de agua (figura 10.2b). También, se realizaron perfiles verticales de temperatura, concentración de clorofila, oxígeno disuelto y salinidad en seis estaciones a lo largo del transecto (figura 10.1, panel superior) utilizando una sonda CTD.

El CTD mencionado tiene una frecuencia de muestreo de 4 Hz; el instrumento se sumergió lentamente en cada punto hasta alcanzar el fondo del mar, y solo se consideraron los datos de descenso para los diferentes estudios. Con estas mediciones se logró observar que con condiciones de poca precipitación y de vientos débiles, la BSE presenta una circulación estuarina del tipo inversa (Tisseaux-Navarro *et al.*, 2021). Esto nos indica un flujo ingresando por las partes someras y un flujo saliente por el canal profundo. Tisseaux-Navarro *et al.* (2021) sugieren que esta circulación particular no es persistente durante todo el año y que la variabilidad de las condiciones del tiempo puede influir en la dinámica oceanográfica dentro de la bahía. Este resultado es importante debido a que los cuerpos costeros que presentan circulación inversa tienen una capacidad reducida para evacuar los flujos, lo que tiene implicaciones significativas para la calidad del agua (Tisseaux-Navarro *et al.*, 2021).

Durante la época seca se presentan condiciones de aumento del viento del noreste y provocan eventos de enfriamiento del agua superficial en la zona. Cuando los vientos del noreste se intensifican desplazan el agua caliente superficial hacia afuera de la costa y permite el afloramiento de aguas frías y ricas en nutrientes en la capa superficial (Ballesteros y Coen, 2004; McCreary *et al.*, 1989; Vargas, 2002). Sin embargo, estos eventos de enfriamiento también ocurren en la época lluviosa, específicamente entre julio y agosto cuando el viento se intensifica durante el “Veranillo” (Tisseaux-Navarro *et al.*, 2024a).

Durante los años 2021 y 2022, se ancló un correntómetro ADCP de 500 kHz en el lecho marino, a 30 m de profundidad (ver estrella negra de la figura 10.1, panel superior). En la misma posición del anclaje del ADCP,

se colocaron sensores de temperatura distribuidos cada 5m desde el fondo hasta cerca de la superficie. Mediante estas mediciones realizadas en el período de junio a julio del 2021 y 2022, se observaron eventos de enfriamiento durante el “veranillo” en la bahía Santa Elena.

Tisseaux-Navarro *et al.* (2024a) explicaron que el aumento de los vientos del noreste provoca el enfriamiento de las aguas en el golfo de Santa Elena, lo que a su vez reduce la temperatura en la BSE. Cuando cesan los vientos, un pulso de flujo cálido (flujo de relajación) se desplaza hacia la costa y entra en la bahía, alterando los patrones de circulación y aumentando las magnitudes de la velocidad del agua. Los flujos de relajación que ingresan a la BSE duplican las magnitudes de las corrientes submareales (con períodos mayores a 24 horas) durante los períodos sin eventos.

Estos autores sugieren que estos pulsos podrían desempeñar un papel importante en la renovación del agua dentro de la bahía y que estos eventos probablemente tengan influencia en los procesos biológicos en el área. Comprender cómo estos flujos influyen en la dinámica ecológica, la distribución de las especies y la salud general del ecosistema será crucial para tener una mejor perspectiva de la interacción entre los procesos físicos y los componentes bióticos de la bahía (Tisseaux-Navarro *et al.*, 2024a).

La importancia de las mediciones oceanográficas y su influencia en los organismos que habitan BSE ya se ha empezado a observar, mediante un trabajo realizado entre el LAOCOS-UNA y el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica (Tisseaux-Navarro *et al.*, 2024b). En este trabajo se estudió a dos especies de peces importantes comercialmente: pargo Colorado (*Lutjanus colorado*) y pargo Perro (*Lutjanus novemfasciatus*). Y se encontró que el número de peces en el sitio dependía de la marea.

El incremento del nivel de agua con la marea alta les brinda acceso a sitios internos de manglar dónde encuentran refugio y alimento (Sheaves, 2005). Al bajar el nivel de agua con la marea, los organismos salen del manglar, pero se quedan en sitios cercanos a este para esperar que la marea les permita volver a ingresar (Tisseaux-Navarro *et al.*, 2024b). Dicho estudio destaca la importancia de incorporar factores oceanográficos en las estrategias de manejo de especies y enfatiza la función crucial del monitoreo biológico en las regiones costeras.

Es crucial continuar con los estudios hidrográficos en la zona, considerando las intenciones del Gobierno costarricense de establecer un puerto en esta bahía (Arias, 2016). Este desarrollo podría representar una amenaza a la conservación de todas las especies del ecosistema si no se considera la variabilidad de las corrientes marinas y niveles del agua en la planificación y toma de decisiones en el manejo costero dentro de la bahía. Por lo tanto, comprender las propiedades hidrográficas de la bahía puede reducir el impacto sobre la calidad del agua y las comunidades biológicas.

Referencias

- Amador, J. (1998). A climatic feature of the tropical Americas: The trade wind easterly jet. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5 (2), 91-102.
- Arias, L. (2016). *Costa Rica presents interoceanic canal project*. *Tico Times* [WWW document]. URL <https://ticotimes.net/2016/11/15/costa-rica-inter-oceanic-canal>
- Ballestero, D., & Coen, J. E. (2004). Generation and propagation of anticyclonic rings in the Gulf of Papagayo. *International Journal of Remote Sensing*, 25(11), 2217-2224.
- Chelton, D. B., Freilich, M. H., & Esbensen, S. K. (2000). Satellite observations of the wind jets off the Pacific coast of Central America. Part I: Case studies and statistical characteristics. *Monthly Weather Review*, 128(7), 1993-2018.
- Clarke, A. J. (1988). Inertial wind path and sea surface temperature patterns near the Gulf of Tehuantepec and Gulf of Papagayo. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 93(C12), 15491-15501.
- MINAE. (2018). Creación del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena [WWW Document]. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&Valor1=1&nValor2=87256&nValor3=113608&strTipM=TC

- Lizano, O. G. (2006). Algunas características de las mareas en la costa Pacífica y Caribe de Centroamérica. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 24 (1).
- McCreary Jr, J. P., Hyong S. L., & Enfield, D. B. (1989). The response of the coastal ocean to strong offshore winds: With application to circulations in the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo.
- Numerical weather models-IMN*. (s. f.). Numerical weather models. Retrieved May 21, 2024, from <https://www.imn.ac.cr/en/web/imn/modelos-numericos-meteorologicos>
- Ortiz-Malavasi, E. (2014). Atlas Digital de Costa Rica. ITCR.
- Sheaves, M. (2005). Nature and consequences of biological connectivity in mangrove systems. *Marine Ecology Progress Series*, 302, 293-305.
- Tisseaux-Navarro, A., Salazar-Ceciliano, J. P., Cambroner-Solano, S., Vargas-Hernández, J. M., & Marquez, X. (2021). Reverse circulation in Bahía Santa Elena, North Pacific of Costa Rica. *Regional Studies in Marine Science*, 43, 101671.
- Tisseaux-Navarro, A., Juárez, B., Vargas-Hernández, J. M., Cambroner-Solano, S., Espinoza, M., de Alegría-Arzaburu, A. R., & Salazar-Ceciliano, J. P. (2024a). Upwelling-induced inflow pulses in a tropical bay during mid-summer drought. *Regional Studies in Marine Science*, 75, 103548.
- Tisseaux-Navarro, A., Juárez, B., Vargas-Hernández, J. M., Salazar-Ceciliano, J. P., Cambroner-Solano, S., de Alegría-Arzaburu, A. R., Vargas-Araya, L., Matley, J., Fisk, A. T., & Espinoza, M. (2024b). Diurnal and semidiurnal movements of two commercially important fish in a tropical bay. *Marine Biology*, 171(9), 182.
- Vargas, J. M. (2002). Interacción océano-atmósfera: surgencia y generación de anillos en la región de Papagayo. *Revista Geográfica de América Central*, 1(40), 133-144.
- Villalobos-Rojas, F., Herrera-Correal, J., Garita-Alvarado, C., Clarke, T., Beita-Jiménez, A. (2014). *Actividades pesqueras dependientes de la ictiofauna en el Pacífico Norte de Costa Rica*. Rev. Biol. Trop. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20038>.



PARTE IV
Salud y productividad



La pesca responsable: una contribución para mejorar la calidad de vida de los habitantes en zonas costeras de Costa Rica

Luis Adrián Hernández Noguera³⁵

Rosa Soto Rojas³⁶

Nixon Lara-Quesada³⁷

35 M.Sc. Luis Adrián Hernández Noguera, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, luis.hernandez.noguera@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-3698-7161>

36 M.Sc. Rosa Soto Rojas. Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, rosa.soto.rojas@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-1928-2023>

37 Lic. Nixon Lara-Quesada, Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura de Costa Rica, nlara@incopesca.go.cr, <https://orcid.org/0009-0004-6203-8706>

Creación e importancia de las áreas marinas protegidas [AMP]

La Reserva Natural Absoluta Cabo Blanco (RNACB) fue la primera Área Protegida (AP), constituida en Costa Rica en 1963 (Decreto Ejecutivo N.º 10 del 21 de octubre de 1963); contempla un total de 3057 ha, de las cuales 1369 ha son terrestres y 1688 ha marinas. Esto representa alrededor del 55 % del total del AP (SINAC, 2023). A partir del establecimiento de esta AP, el país asumió una actuación en la conservación de los recursos naturales, principalmente con el establecimiento de AMP en lugares estratégicos, con el fin de generar herramientas para la gestión de los recursos naturales. El objetivo principal de estas áreas es la conservación de la biodiversidad marina y de los ecosistemas, así como promover el uso sostenible de estos recursos, tanto permanentes como migratorios; y en todas las etapas de su ciclo de vida (Lara-Quesada, 2022).

Actualmente, el país cuenta con 27 AMP que protege el 3 % del territorio marino nacional. A partir del 2021, y con el establecimiento del Área Marina de Manejo del Bicentenario (ampliación del parque nacional Isla del Coco y el Área Marina de Manejo de Montes Submarinos), la extensión del territorio marino protegido aumentó más de un 30 %. De acuerdo con la Ley de Biodiversidad (Decreto N.º 7778), las AMP se clasifican en seis categorías diferentes: reserva natural absoluta (RNA), parque nacional (PN), refugio nacional de vida silvestre (RNSV), reserva biológica (RB), humedal (H) y área marina de manejo (AMM), las cuales son administradas por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Sin embargo, dentro de la categoría de AMM, se encuentran las áreas marinas de pesca responsable (AMPR) que son competencia del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) por ser el ente rector de la pesca, según el Reglamento AJDIP/138 del 4 de abril del 2008 (INCOPECA, 2008).

Importancia de las áreas marinas de pesca responsable

Las AMPR surgen de la necesidad de grupos o asociaciones de pescadores en el golfo de Nicoya para el aprovechamiento sostenible de algunos caladeros de pesca en donde se regulan las artes y métodos de captura en beneficio de las comunidades costeras y del mismo recurso. Así, el establecimiento de la primera AMPR fue producto del interés de personas pescadoras de Puerto Palito, en Isla Chira, para el aprovechamiento sostenible de un caladero de corvina reina (*Cynoscion albus*) que había sido una especie de importancia comercial, pero con el tiempo notaron la disminución en sus capturas. Como consecuencia de lo anterior, se aprueba la primer AMPR en 2009, según el acuerdo de Junta Directiva del INCOPECA (AJDIP/315-2009) denominada “Área Marina de Pesca Responsable Palito-Montero”, que de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Pesquero (POP), únicamente se permite el uso de cuerda de mano (consiste en un arte de pesca en la que se lanza una cuerda provista con uno o varios anzuelos y se recoge a punta de mano) para la captura de las diferentes especies en el área (Lara-Quesada, 2022). Posteriormente, surgieron otras iniciativas similares. Actualmente, hay 13 AMPR:12 se localizan en la costa Pacífica y una en la costa Caribe (Barra del Colorado) (figura 11.1).

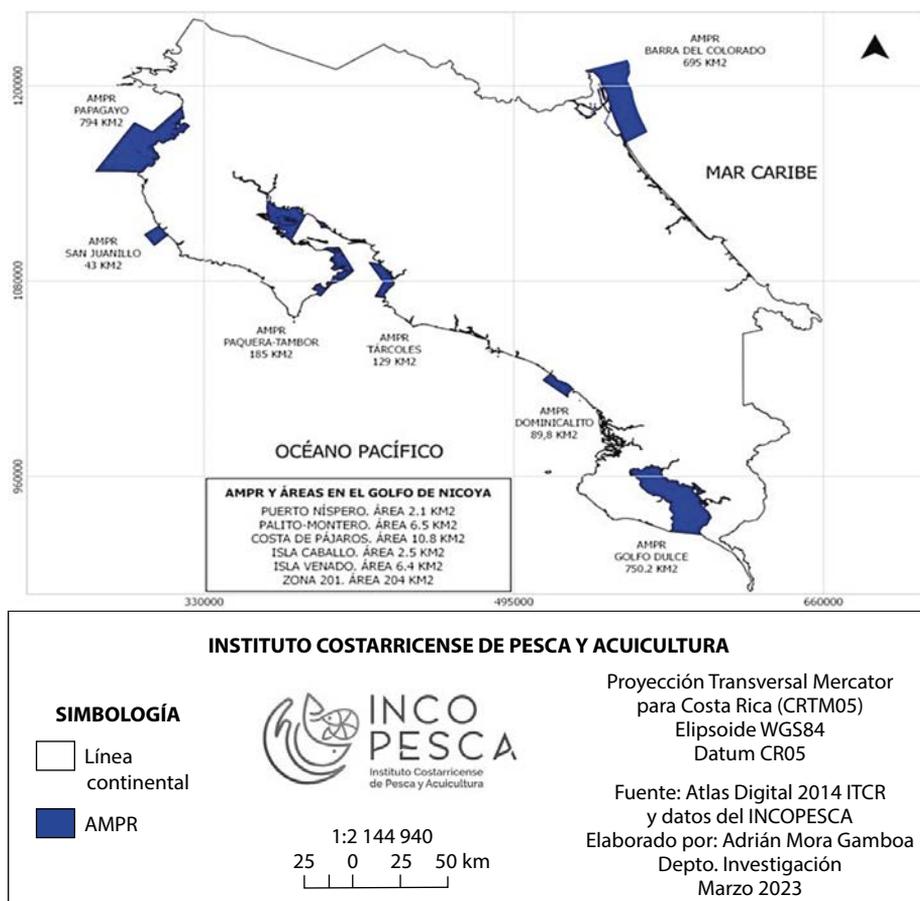


Figura 11.1. Áreas Marinas de Pesca Responsable en Costa Rica.

Fuente: INCOPESCA, 2023.

Estudio de caso del AMPR Distrito Paquera-Tambor

La experiencia de pescadoras y pescadores del AMPR Palito-Monte-ro en el 2009, y la información compartida a las demás comunidades pes- queras del país en los diversos temas atinentes —como mejores capturas, menor esfuerzo pesquero (pues los caladeros de pesca están más prote- gidos y solo se permiten ciertas artes de pesca más selectiva, para lograr mejores y más grandes capturas—, generó más apoyo de instituciones del Estado (Servicio Nacional de Guardacostas, INCOPECA, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Banca para el Desarrollo; entre otros) y de orga- nizaciones no gubernamentales (ONG) y de la población civil.

La apertura de las instancias aliadas motivó a otras comunidades cos- teras a desarrollar su propia AMPR. Estas áreas no son para el uso exclusivo de una comunidad o de un grupo, ya que el ejercicio de la actividad pes- quera se permite tanto para aquellos miembros de la agrupación solicitan- te, como para cualquier otro pescador o pescadora que cuente con licencia de pesca vigente y deberá ajustarse a las regulaciones del Plan de Ordena- miento Pesquero (Decreto Ejecutivo N.º 35502-MAG). Uno de estos casos de réplica de AMPR, es el Distrito Paquera-Tambor, que se estableció en el 2014 (según acuerdo AJDIP/099-2014) y se extiende desde Bahía Ballena de Puerto Tambor hasta Playa Naranjo en el distrito Lepanto (185 km²) (Soto-Rojas *et al.*, 2018). Este AMPR se caracteriza por presentar una va- riedad de ecosistemas, desde manglares y playas de fondo lodoso, hasta zonas de arrecifes rocosos. Esto permite el desarrollo de diferentes activi- dades económicas como pesca, turismo, buceo recreativo y turismo cientí- fico, entre otros. A pesar de su tamaño (una de las AMPR más grandes de Costa Rica), los principales usuarios asumieron el sentido de pertenencia en cada uno de sus sectores (figura 11.2) en establecimiento y ejecución del Plan de Manejo consensuado entre todas las personas beneficiarias.

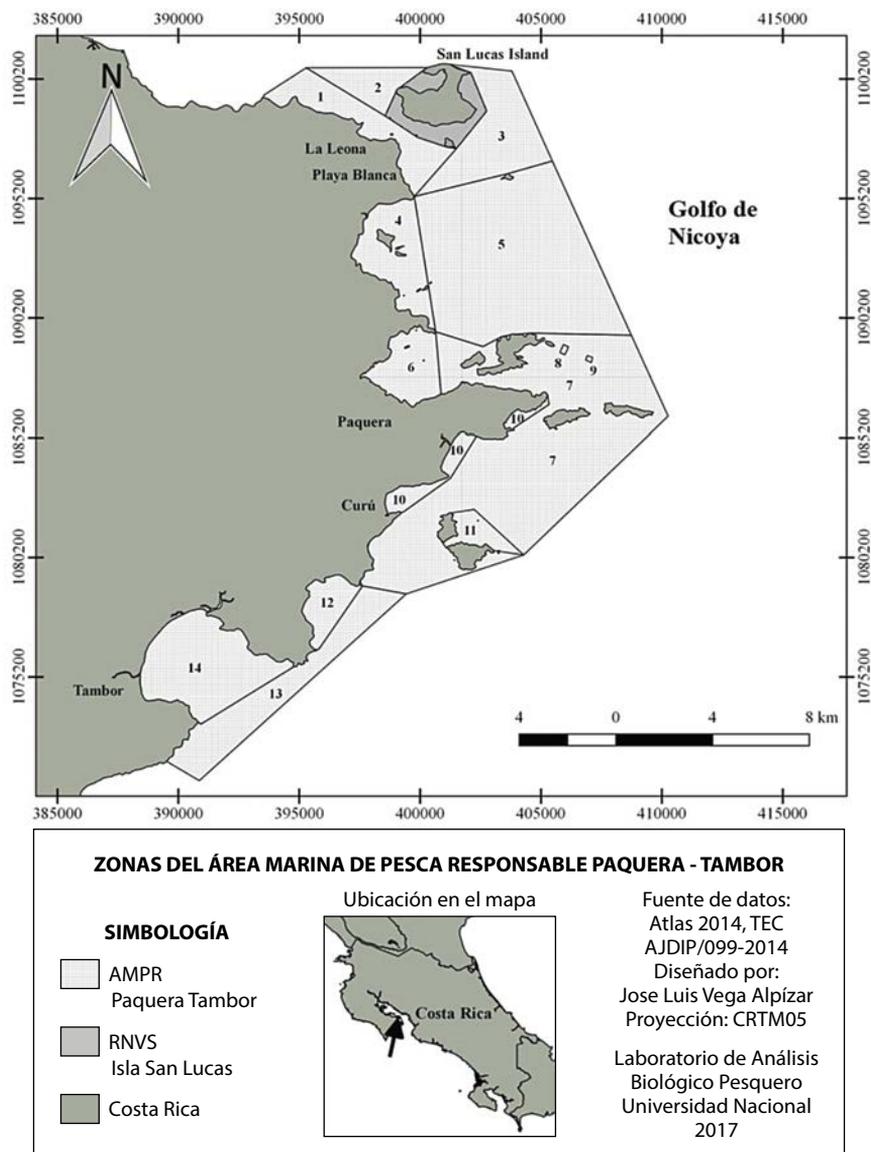


Figura 11.2. Zonificación del AMPR Distrito Paquera-Tambor.

Fuente: Elaboración propia.

A partir del 2019, el Laboratorio de Análisis Biológico Pesquero (LABIP) de la Estación de Biología Marina, Universidad Nacional, apoyó activamente un trabajo final de graduación relacionado con la importancia de esta AMPR Distrito Paquera-Tambor y su aporte a la pesca de pequeña escala. Por más de veinte años, el LABIP se ha posicionado como una entidad relevante para la pesquería y el manejo de los recursos pesqueros en Costa Rica.

Algunos de los aportes y participaciones en investigaciones de LABIP son los siguientes:

El proyecto *Manejo Sostenible de las Pesquerías para el Golfo de Nicoya* (2002-2007) en conjunto con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) e INCOPECA, cuyos objetivos fueron “desarrollar acciones integradas que promuevan la pesca sostenible y mantener los ingresos de los pescadores artesanales, en el golfo de Nicoya”.

Otro de los aportes del Laboratorio en el campo de la pesca de pequeña escala fue mediante el proyecto *Identificación y evaluación de los hábitats como zonas de pesca responsable en el litoral del Pacífico Central de Costa Rica* (2011-2014) y que tenía como objetivo principal “proponer estrategias de gestión sostenible para la creación de zonas de pesca responsable”. Para el periodo de enero del 2015 a diciembre del 2017, se ejecutó el proyecto: *Aportes para la gestión pesquera artesanal y semi-industrial del golfo de Nicoya*; y su objetivo fue “Contribuir con la gestión para el manejo sostenible del golfo de Nicoya mediante la validación de zonas de importancia biológica-pesquera, efectividad de los artes de pesca e identificación genética de las poblaciones de pequeños pelágicos para apoyar la sostenibilidad de los recursos.

Específicamente, en la zona del distrito Paquera-Tambor, el LABIP realizó el proyecto *Contribución al Manejo Pesquero del Pez Dorado, la Corvina Reina y la Corvina Rayada en el Área Marina de Pesca Responsable Distrito Paquera-Tambor* (de enero del 2018 a diciembre del 2021) con el objetivo de “Fomentar la pesca responsable en el golfo de Nicoya, mediante el análisis de parámetros biológico-pesqueros de esas tres especies”.

Parte de la colaboración con la pesca responsable, en el 2019 se apoyó un estudio sobre las capturas, que fue parte de un trabajo final de graduación. En él se determinó la biometría (longitud total del organismo, peso total, peso eviscerado) de las principales especies objetivo (son aquellas especies que presentan mayor valor comercial; tal es el caso de los pargos: *Lutjanus sp.*, corvinas: *Cynoscion sp.*, dorado: *Coryphaena hippurus*; entre otras) y de la percepción de los usuarios y usuarias en el sector de Puerto Tambor (principal zona de descarga en esta AMPR) (figura 11.3).

La metodología consistió en visitas mensuales al puesto de recibo de productos pesqueros de la Asociación de Pescadores Artesanales de Tambor (ASOTAMBOR). Una vez en el puesto de recibo, se registró con nombre científico a cada una de las especies capturadas por pescadoras y pescadores artesanales; además del arte de pesca utilizado, caladeros, entre otras, y se agruparon las capturas por categoría o grupo comercial, según la clasificación utilizada por el INCOPECA. Para obtener información sobre la eficiencia de la aplicación de medidas de ordenación pesquera en el sector Tambor, se solicitó al presidente de la ASOTAMBOR una lista de las personas asociadas, con el fin de realizar una entrevista tipo estructurada; la cual no restringe a la persona entrevistada a responder opciones diferentes a las propuestas como respuesta (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014).

Del total de la población inscrita en la organización (48 asociados y asociadas), se entrevistaron 25 personas que cumplieran con los siguientes requisitos: 1) asociado, 2) uso directo de los recursos pesqueros en el AMPR, 3) con permiso de pesca. Este resultado surge de una muestra dirigida, orientada por las características mencionadas anteriormente. En este caso, no se requiere de una representatividad de la población, sino de una cuidadosa y controlada selección de los casos con características específicas que interesaron en la investigación (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014). Además, se realizó un análisis de las capturas de cinco años antes y cinco después del establecimiento de esta AMPR según las descargas (se refiere al total de la pesca capturada por cada uno de los viajes de pesca) reportadas por el Departamento de Información Pesquera y Acuícola, del ente rector (INCOPECA).

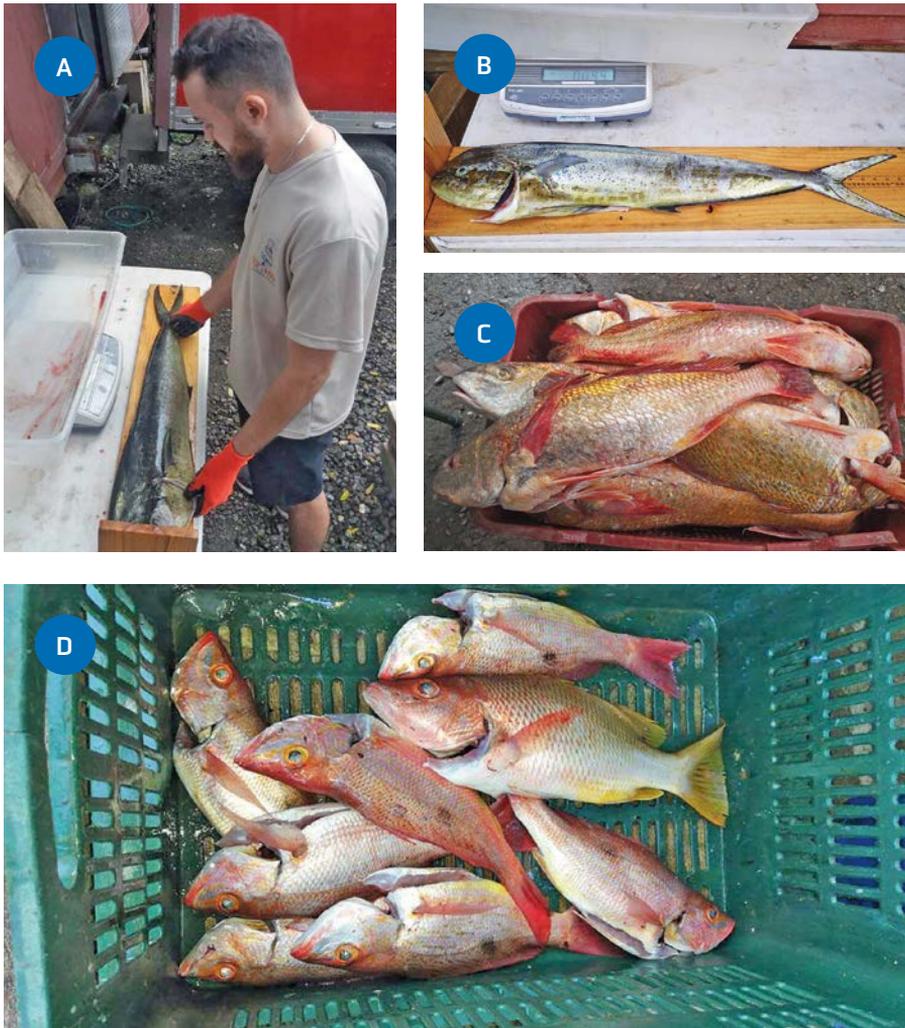


Figura 11.3. A= Monitoreo biométrico, B= muestra de dorado (*Coryphaena hippurus*), C= corvina agría (*Micropogonias altipinnis*) y D= pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) y pargo coliamarilla (*L. argentiventris*) capturados por los pescadores artesanales en el AMPR Paquera-Tambor durante el año de estudio.

Fuente: Lara-Quesada, 2022.

Entre los resultados más importantes de la entrevista, se obtuvieron los siguientes: un 50 % de los pescadores y pescadoras tienen conocimiento sobre el AMPR y obtuvieron mayor producción en sus capturas, mientras un 36 % percibe que sus capturas son iguales, y únicamente el 14 % consideran que son menores. Además, el 57 % realiza sus faenas dentro de los límites del AMPR (específicamente en las zonas 11-12 y 13) (figura 11.2) y el 43 % restante lo realiza fuera del área, ya que se dedican a especies más pelágicas como el dorado (*Coryphaena hippurus*). Otro aspecto importante es que el 73 % de las personas entrevistadas conoce las regulaciones establecidas en esta AMPR, aunque solamente el 60 % conoce los objetivos del POP. Por otro lado, el 62 % indica que el área marina los ha beneficiado. En palabras de estas personas: “si no fuese por el establecimiento del AMPR, estaríamos peor económicamente” (Lara-Quesada, 2022). Entre de los beneficios que estas personas describen, mencionan que los productos tienen un mejor precio, más facilidad para obtención del hielo, combustible y otros insumos de pesca (carnada, anzuelos, materiales para las artes de pesca, otros), porque la ASO-TAMBOR se dedica a la comercialización de esos productos pesqueros en la península de Nicoya, Puntarenas y San José (Lara-Quesada, 2022).

El 100 % de las personas entrevistadas (25 pescadoras y pescadores) está de acuerdo con la creación del AMPR, pero el 80 % considera que deben contar con mayor apoyo en el control y vigilancia por parte del Servicio Nacional de Guardacostas (SNG) y del INCOPECA. Las artes de pescas autorizadas por el POP del AMPR Distrito Paquera-Tambor son la cuerda de mano, la red de enmalle o “agallera” y el palangre artesanal (figura 11.4). Según el análisis realizado, el 89 % de las personas utilizan el palangre, el 6 % la red agallera y el 5 % la cuerda de mano. La mayoría de los miembros de ASOTAMBOR (73 %) aceptaron dichas, lo cual es beneficioso para el manejo sostenible a mediano y largo plazo. Otra de las medidas de manejo es que se permite el recibo y la comercialización por parte de las personas miembros de ASOTAMBOR, de los organismos cuenten con la talla legal de primera captura (TLPC), según el INCOPECA. También se realizó el análisis de las tallas en las capturas con respecto a la talla de primera madurez sexual (TPMS); como resultado se tiene que, para la corvina agria (*Micropogonias altipinnis*), la barracuda (*Sphyraena ensis*), el dorado (*Coryphaena hippurus*), el pargo coliamarilla (*Lutjanus argentiventris*) se

cumple esta medida de manejo; mientras que para el pargo manchado (*L. guttatus*) se cumple parcialmente (el 68 % de las capturas están sobre la TPMS) y la pesquería del pargo seda (*L. peru*) incumple con ella, debido a que solo el 24 % de las capturas están sobre la TPMS.

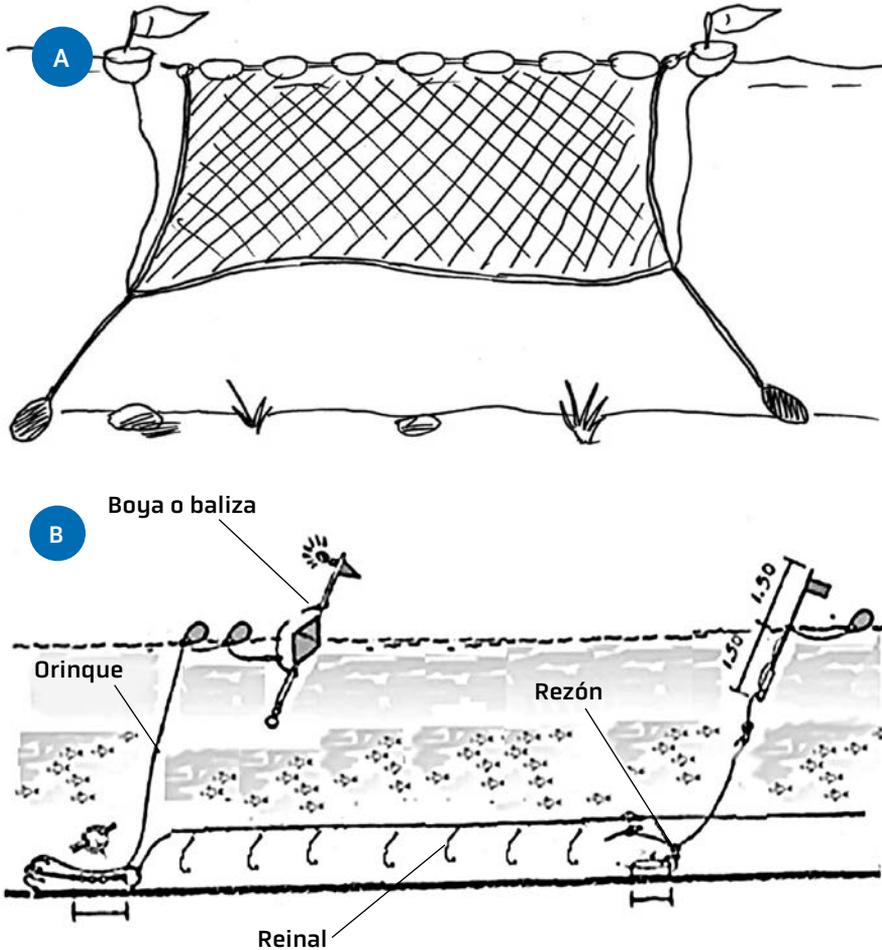


Figura 11.4. Artes de pesca permitidos en el AMPR Distrito Paquera-Tambor, A= red de enmalle o “agallera” y B= palangre artesanal.

Fuente: Laboratorio de Análisis Biológico Pesquero, UNA.

Estos resultados demuestran que las medidas de manejo del AMPR las asumen las pescadoras y pescadores, lo que asegura el uso adecuado de los recursos pesqueros a mediano y largo plazo. De acuerdo con FAO (1995), el éxito del manejo pesquero en un área marina se debe a que las personas usuarias se involucraron durante todo el proceso de creación e implementación de las regulaciones como es el caso.

Comparando los volúmenes de capturas cinco años antes (2009) y cinco después (2019) de la creación de esta AMPR (2014); se logró constatar un aumento significativo, pasando de alrededor de 44300 kg a 203600 kg en el 2019 (figura 11.5). Este aumento en las capturas puede deberse no solo a las regulaciones establecidas por el AMPR, sino que también por la mejor recolecta de datos por parte del INCOPESCA; situación que no está ocurriendo en otras AMPR del golfo de Nicoya. Otra de las posibles causas de este aumento puede ser los cambios en algunas técnicas y métodos de pesca, los cuales son más eficientes. Además, la mayoría de las personas entrevistadas concuerda con que la eliminación de la pesca de arrastre de camarón en el AMPR Distrito Paquera-Tambor —realizada en las zonas 7 y 13— (caladero conocido como “El Barreal”) favorece el aumento de biomasa de las poblaciones; por tanto, mayor captura para la flota artesanal.

Además, en esta AMPR se establecieron zonas de exclusión pesqueras (zonas 2-6- parte de la 7 y 10, figura 11.2), que junto con el Área Marina de Manejo de Cabo Blanco (limita con esta AMPR), son sitios en donde se protege la reproducción, la crianza y los reclutamientos. Lo anterior, se refleja en las capturas y en la economía de las pescadoras y pescadores de Puerto Tambor, coincidiendo con lo reportado por la FAO (2007) y el Decreto Ejecutivo N.º 35502-MAG, en donde se expone que el papel de las AMP en las pesquerías artesanales y de pequeña escala, junto con las regulaciones de las artes de pesca, cuotas y temporalidad, pueden generar esos efectos positivos para las comunidades costeras o ribereñas (Hilborn *et al.*, 2006; Russ *et al.*, 2004).

Las AMPR cumplen una función fundamental en el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la ONU, en su meta 14.4 en donde se busca la reglamentación de la explotación pesquera, detener la pesca excesiva y restablecer las poblaciones silvestres hasta que alcancen los niveles sostenibles en el menor tiempo posible, a través de la mejora del Máximo Rendimiento Sostenible (FAO, 2018).

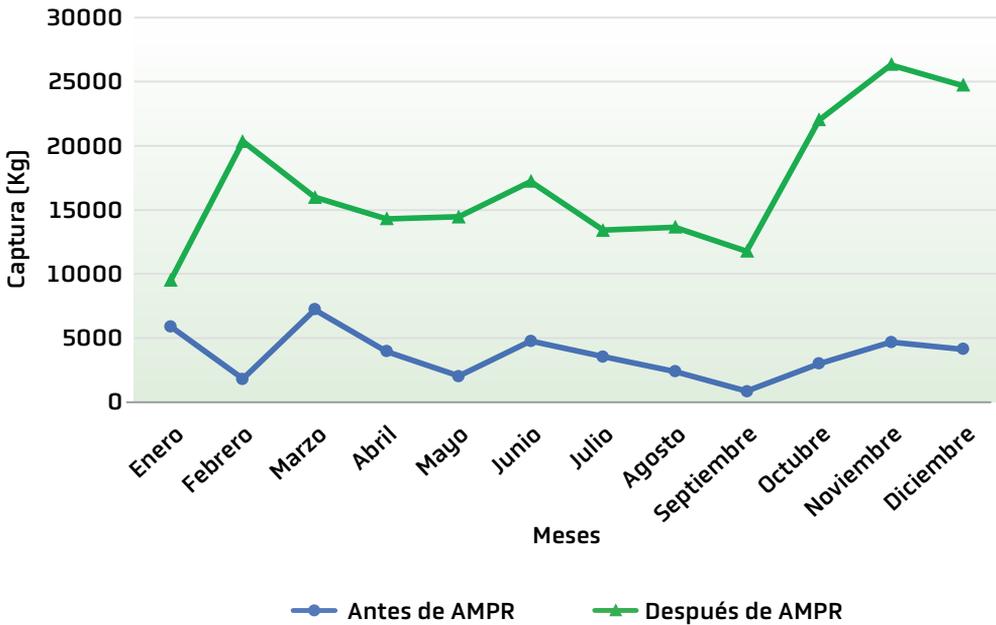


Figura 11.5. Volúmenes de descarga en Puerto Tambor; antes (2009) y después (2019) del establecimiento del AMPR.

Fuente: Lara-Quesada, 2022.

Conclusiones

- Los pescadores de la Asociación de Tambor consideran que se presenta un aumento en sus capturas desde el establecimiento del AMPR Paquera-Tambor en el 2014.
- Existe un fuerte sentido de pertenencia de los usuarios con el AMPR, debido a la buena transferencia de información por parte de ASOTAMBOR.
- El mayor porcentaje de personas pescadoras utiliza caladeros de pesca dentro de los límites del AMPR (57 %).

- Entre las especies que presentan mayor captura, dentro y fuera del AMPR, se encuentran el pargo manchado, el dorado y la corvina agria.
- El AMPR Paquera-Tambor cuenta con gran cantidad de especies de interés pesquero, se logró determinar 31 especies diferentes, que en alguna medida se distribuyen a lo largo del año, asegurando el desahogo de la presión pesquera en algunas especies de gran demanda como lo son los pargos y las corvinas.
- Las diferencias significativas en los volúmenes de capturas se deben principalmente a las regulaciones impuestas por los mismos pescadores dentro de este AMPR.

Recomendaciones

- Debe de existir una mejor coordinación entre las instituciones estatales para brindar apoyo en el control y vigilancia de los recursos.
- Se debe de realizar la evaluación de los recursos pesqueros al menos cada cinco años, pues esto permitiría mantener o modificar algunas medidas de manejo.
- Fortalecer la comunicación entre AMPR Paquera-Tambor y el AMM Cabo Blanco, ya que en sus límites se encuentran el traslape en la operación de varios tipos de flota, como lo es el caso de la pesca deportiva, turística y comercial (de mediana y pequeña escala).

Lecciones aprendidas

- La labor integrada entre la academia y las comunidades pesqueras de pequeña escala requiere del conocimiento y análisis de la cultura, costumbres, y técnicas de pesca. Esto con el fin de contar con la información asertiva por medio de la implementación de ciencia ciudadana en investigaciones futuras.

- Todo esfuerzo en manejo de recursos marinos costeros requiere que la gestión y las decisiones se tomen de forma consensuada entre las personas usuarias, el Estado, la academia y la cadena de intermediarios; pero sobre todo se debe compartir la información de las condiciones de ese manejo.

Referencias

- Decreto Ejecutivo N.º 35502-MAG. (1 de octubre de 2009). Reglamento para el Establecimiento de las Áreas Marinas de Pesca Responsable y Declaratoria de Interés Público Nacional de las Áreas Marinas de Pesca. *Diario Oficial La Gaceta*, N.º 191. San José, Costa Rica.
- FAO. (1995). *Código de Conducta para la Pesca Responsable*. Roma: FAO, p. 46.
- FAO. (2007). Report and Documentation of the Expert Workshop on Marine Protected Areas and Fisheries Management. Review of Issues and Considerations. Rome, 12-14 June 2006. *FAO Fisheries Report* N.º 825. Roma: FAO, p. 332.
- FAO. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma: FAO, 250 p.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio* (6a. ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Hilborn, R., F. Micheli, F. & De Leo, G. A. (2006). Integrating marine protected areas with catch regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 63(3):642-649.
- INCOPESCA. (2008). Acuerdo de Junta Directiva N.º AJDIP-138-2008. Reglamento para el establecimiento de Áreas Marinas para la Pesca Responsable (de conformidad con el Decreto Ejecutivo N.º 27919-MAG).

- INCOPECSA. (2009). Acuerdo de Junta Directiva N.º AJDIP/315-2009. Aprobación Área Marina de Pesca Responsable de Palito, Isla Chira.
- INCOPECSA. (2014). Acuerdo de Junta Directiva N.º AJDIP/099-2014. Creación del Área Marina de Pesca Responsable Distrito de Paquera-Tambor y su Plan de Ordenación.
- Lara, N. (2022). *Impacto de las regulaciones establecidas en el Área Marina de Pesca Responsable Paquera-Tambor en la pesquería de Tambor, Pacífico costarricense* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional, Costa Rica].
- Russ, G. R., Alcalá, A. C., Maypa, A. P., Calumpong, H. P., & White, A. T. (2004). Marine reserve benefits local fisheries. *Ecological Applications*, 14(2): 597-606. <http://dx.doi.org/10.1890/03-5076>.
- SINAC. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2023). Reserva Natural Absoluta Cabo Blanco. https://www.sinac.go.cr/ES/ac/act/Mapas/A02_Area%20de%20Manejo.jpg
- Soto-Rojas, R. L., Hernández-Noguera, L. A., y Vega-Alpízar, J. L. (2018). Parámetros poblacionales y hábitos alimenticios del pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) en el Área Marina de Pesca Responsable Paquera-Tambor, golfo de Nicoya, Costa Rica. *Uniciencia*, 32(2), 96-110. <https://dx.doi.org/10.15359/ru.32-2.7>



Monitoreo biológico costero en Costa Rica: estudio de caso sobre floraciones algales nocivas

Karen Berrocal Artavia³⁸
Amaru Márquez Artavia³⁹
Natalia Corrales Gómez⁴⁰
Luis Vega Corrales⁴¹
Andrea García Rojas⁴²
Carolina Marín Vindas⁴³

38 Licda. Karen Berrocal Artavia, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Estación de Biología Marina, karen.berrocal.artavia@una.ac.cr, <https://orcid.org/0009-0008-7437-8504>

39 Dr. Amaru Márquez Artavia, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Estación de Biología Marina, amaru.marquez.artavia@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-0991-547X>

40 M.Sc. Natalia Corrales Gómez, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Estación de Biología Marina, natalia.corrales.gomez@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-0093-6189>

41 M.Sc. Luis Vega Corrales, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Estación de Biología Marina, luis.vega.corrales@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-3389-4373>

42 Dra. Andrea García Rojas, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Estación de Biología Marina, andrea.garcia.rojas@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-3451-7094>

43 Dra. Carolina Marín Vindas, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas, Estación de Biología Marina, carolina.marin.vindas@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-9013-2378>

Costa Rica integró los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en su planificación social, económica y ambiental, como parte de su Agenda 2030. El país reconoce el tema de océanos como uno de los mayores desafíos para su desarrollo y valora la cooperación internacional como una estrategia clave para fortalecer sus capacidades técnico-científicas.

Por ejemplo, el Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública 2023-2026 resalta la necesidad de enfrentar el deterioro ambiental causado por la demanda de recursos, la contaminación y el cambio climático. Esto lo hace mediante la implementación de medidas de adaptación y recuperación ambiental para avanzar hacia un desarrollo sostenible. El Plan contempla acciones para aumentar las áreas marinas protegidas y promover la reactivación económica en las zonas costeras, enfatizando la producción sostenible de pesca y acuicultura en beneficio de las comunidades costeras. También busca el fomento de la investigación y el desarrollo mediante la capacitación y la transferencia de conocimientos. Asimismo, apoya la investigación científica y el fortalecimiento de las comunidades costeras vulnerables, mediante alianzas para la conservación y la adaptación al cambio climático.

En este contexto, el monitoreo biológico costero, con participación ciudadana y alianzas interinstitucionales respaldadas por la cooperación internacional se convierte en una herramienta fundamental para la generación de evidencias científicas que orienten la toma de decisiones en favor del ODS 14, *Vida Submarina*. En particular, las metas 14.1 “Prevenir y reducir la contaminación”, 14.2 “Gestionar y proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros” y 14.a “Aumentar los conocimientos científicos, desarrollar la capacidad de investigación y transferir tecnología marina”.

El monitoreo biológico es fundamental para la gestión de los ecosistemas, porque permite evaluar su estado de salud en diferentes niveles (especies, poblaciones, comunidades) y detectar cambios a lo largo del tiempo. Esto permite identificar y enfrentar problemas como la pérdida de biodiversidad, los efectos del cambio climático, la contaminación y la sobreexplotación de recursos. Además, con este tipo de monitoreos se determina la efectividad de las acciones de conservación en áreas marinas

protegidas y se evalúa el impacto ambiental de las actividades humanas para mitigar sus efectos.

A largo plazo, los programas de monitoreo permitirán la identificación de los factores determinantes para la estabilidad de los ecosistemas, o bien, aquellos que produzcan perturbaciones significativas en su estructura y función. Esto debe considerarse para la gestión, gobernanza y desarrollo de políticas públicas para el uso sustentable de los recursos naturales. Por lo tanto, el Estado debe involucrarse de forma activa en el desarrollo e implementación de los monitoreos biológicos, a través del financiamiento continuo y la integración de varias instituciones. De este modo, Costa Rica tiene la oportunidad de consolidarse como líder regional en desarrollo sostenible de los océanos, integrando el monitoreo biológico costero participativo para la generación de evidencia científica que permita implementar políticas orientadas a la gestión sustentable de los recursos marino-costeros.

Desde sus inicios, la Escuela de Ciencias Biológicas (ECB) de la Universidad Nacional consideró el monitoreo biológico como un aspecto clave para el desarrollo de las ciencias marino-costeras en el país. En sus primeros años, abarcó temáticas como pesquerías, acuicultura, floraciones algales y manglares. Con el tiempo, ha diversificado su accionar en áreas como contaminantes emergentes, arrecifes rocosos, calidad de aguas, comunidades microbianas, entre otros. Esto ha permitido conocer mejor el ambiente marino y articular esfuerzos en conjunto con otras instituciones gubernamentales, las comunidades costeras y la cooperación internacional, para mejorar la gestión de los ecosistemas y recursos marino-costeros.

Diversas acciones de monitoreo trascendieron la ciencia y la docencia universitaria, al generar insumos clave para la toma de decisiones en la política pública nacional. Por ejemplo, a partir de proyectos de investigación sobre ecosistemas de manglar y arrecifes rocosos —liderados por personas académicas de la ECB—, se logró consolidar a nivel del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), los Protocolos Nacionales de Monitoreo Ecológico en Arrecifes Rocosos y Manglares. Estas son herramientas de monitoreo basadas en indicadores que permiten a las autoridades identificar cambios en el tiempo y, así, tomar medidas de manejo y conservación (SINAC-UNA, 2020; SINAC-UNA, 2021).

La pérdida del 3,4 % de la cobertura global de manglares en las últimas décadas —atribuida a actividades humanas como la expansión agrícola, la urbanización y el cambio climático, según United Nations Environment Programme (2023)— ha generado efectos ecológicos y socioeconómicos importantes para las comunidades costeras. Como respuesta, Costa Rica adoptó diversas medidas de conservación, entre ellas, la ratificación de la Convención de Ramsar en 1991 y la implementación de la Política Nacional de Humedales en 2017, que impulsó la creación de la primera Estrategia Nacional de Carbono Azul en el mundo. Esta estrategia busca integrar acciones para la gestión, conservación, restauración y rehabilitación de ecosistemas de carbono azul. Otro ejemplo del liderazgo científico de la ECB es el estudio de las Floraciones Algales Nocivas (FAN), de ser realiza en el Laboratorio de Fitoplancton Marino (LABFITMAR), cuya incidencia llevó a la formación de una Comisión Interinstitucional para mitigar las intoxicaciones causadas por el consumo de productos marinos contaminados por toxinas producidas por el fitoplancton.

Con el transcurso del tiempo, los monitoreos biológicos realizados por el personal de la ECB se fortalecieron debido a la participación de las comunidades costeras; de manera que los resultados obtenidos son fruto del esfuerzo conjunto con las personas pobladoras de las zonas. Su participación y compromiso son fundamentales para lograr una gestión efectiva de los ecosistemas marinos debido a que incrementa la conciencia sobre la importancia de la biodiversidad marina y promueve un sentido de responsabilidad hacia el entorno. Además, el conocimiento local complementa la información científica. Esto fortalece la conservación y el uso sustentable de los recursos marinos, que beneficia tanto a las comunidades como a los ecosistemas. Así mismo, los monitoreos biológicos han permitido la cooperación internacional y la articulación de esfuerzos con otras instituciones.

A continuación, se presenta el estudio de caso sobre monitoreo biológico costero de FAN que fue realizado por personas funcionarias de la ECB, otras instituciones gubernamentales y comunidades costeras.

Estudio de caso “Monitoreo de Floraciones Algales Nocivas en Costa Rica: Lecciones y Retos en la Era de la Información”

Las investigadoras Roxana Víquez y Emilia Calvo dedicaron sus esfuerzos a establecer y mantener el LABFITMAR de la ECB desde los años ochenta. Fue durante estos años que se documentaron por primera vez FAN en la costa del Pacífico de Costa Rica, y que se asociaron al dinoflagelado nocivo *Margalefidinium polykrikoides*. Aunque esta especie no es tóxica, ha ocasionado pérdidas económicas por mortalidad de organismos marinos (peces, camarones, entre otros) y afectaciones al turismo. Sin embargo, *M. polykrikoides* no es la única especie productora de FAN en el país, ni tampoco se considera como una de las más peligrosas en términos de salud humana. *Pyrodinium bahamense* y *Gymnodinium catenatum* también se han asociado a eventos de FAN y son especies reconocidas por la producción de toxinas de tipo paralizante que pueden causar intoxicaciones; incluso, la muerte de personas cuando consumen moluscos bivalvos que han concentrado las toxinas en sus tejidos.

Cuando se presentan varios casos de personas afectadas por el consumo de toxinas producidas por el fitoplancton, se considera que se presenta un *brote*. En Costa Rica los primeros brotes de intoxicación por toxinas producidas por el fitoplancton se registraron en 1989 y entre 1999-2002, con 14 y 70 personas afectadas, respectivamente, por el consumo de moluscos que contenían las toxinas producidas por *Pyrodinium bahamense* (Mata *et al.* 1990; Vargas-Montero & Freer, 2002). A partir del análisis de estos casos, se logró concienciar sobre el impacto de las FAN para la salud pública. Así, Costa Rica reconoció una primera lección al identificar la necesidad de establecer un monitoreo continuo para prevenir nuevos brotes.

Actualmente, el monitoreo lo coordina la Comisión para la Vigilancia Epidemiológica de la Marea Roja, conformada por instituciones gubernamentales, universidades y autoridades pesqueras que realizan análisis toxicológicos en moluscos bivalvos y monitorean la concentración de microalgas tóxicas. Incluso, se cuenta con la participación de

personas productoras locales de ostras y extractoras de moluscos silvestres. Esta incorporación del sector productivo en los procesos de gestión nacional para las FAN es un punto clave en el establecimiento de las restricciones sanitarias, debido a que las personas molusqueras reconocen la importancia de mantener la inocuidad de los productos pesqueros que ellos cosechan y comercializan.

Al incluir a actores clave en los protocolos de vigilancia epidemiológica, se vinculan las actividades productivas, académicas y de salud. Con ello se genera conciencia del impacto que tienen los fenómenos naturales y el manejo de recursos marinos sobre la sociedad. Un hecho que destaca la segunda lección aprendida en Costa Rica: la participación ciudadana en las actividades de manejo de recursos.

Como parte del monitoreo continuo establecido en Costa Rica, se recolectan muestras de agua y carne de moluscos bivalvos que analizan el LABFITMAR y el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA). La red de monitoreo de FAN en la costa del Pacífico de Costa Rica se muestra en la figura 12.1, en la que se detallan las localidades de muestreo realizados tanto por instituciones como por las comunidades locales.

En esta red de monitoreo, el LABFITMAR recolecta, quincenalmente, muestras superficiales de agua de mar en cuatro estaciones del golfo de Nicoya. Esto permitió la construcción de una base de datos robusta desde el 2003. Este monitoreo es útil para comprender la dinámica de las FAN y ha revelado, por ejemplo, que la ocurrencia de las FAN aumenta durante la fase fría de El Niño Oscilación del Sur (*Calvo et al., 2014*).

Por otro lado, el registro histórico de FAN que el LABFITMAR ha mantenido por más de veinte años permitirá el estudio de las tendencias a largo plazo, posiblemente asociadas con actividades humanas como la contaminación y el cambio climático. De esta manera, una tercera lección que han asimilado las instituciones costarricenses es la importancia de mantener y financiar monitoreos regulares a largo plazo que, en el caso de los monitoreos del LABFITMAR son 21 años de monitoreo continuo.

MONITOREO CONTINUO DE FITOPLANCTON

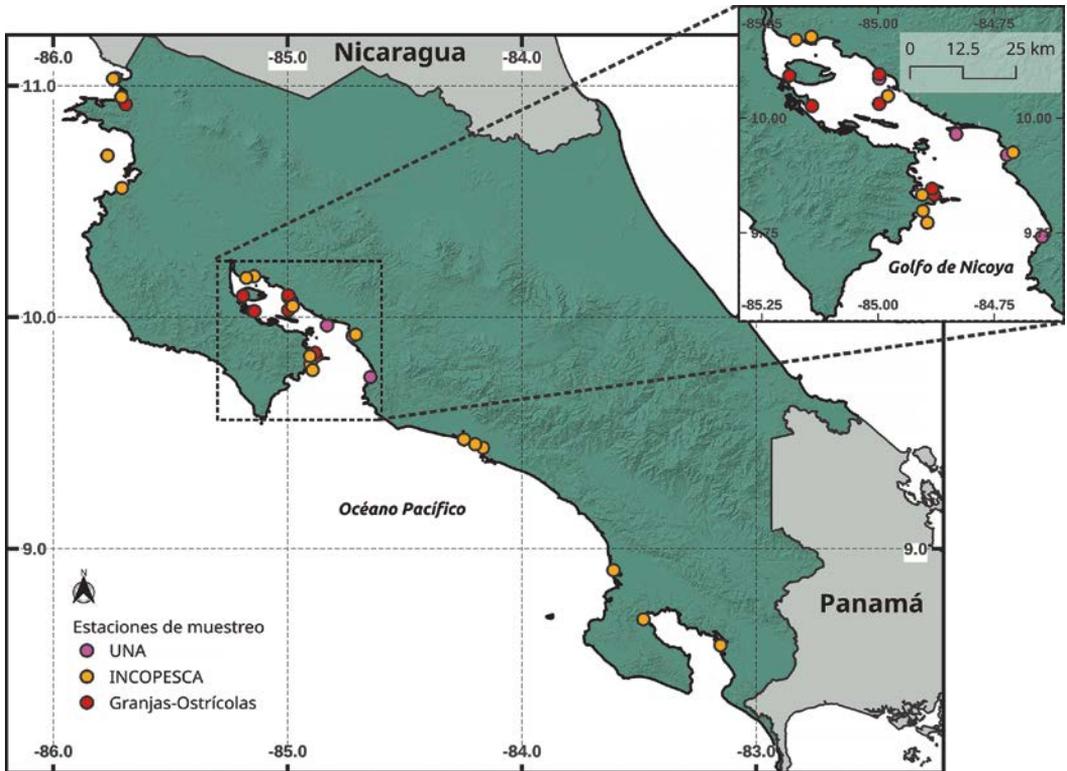


Figura 12.1. Red de estaciones de muestreo de la Comisión de Vigilancia Epidemiológica de la Marea Roja de Costa Rica. Las muestras de agua y carne son recolectadas o aportadas por el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (puntos naranjas), el LABFITMAR (puntos magenta) y las granjas de productores locales de ostras (puntos de color rojo). El mapa inserto es un detalle del golfo de Nicoya donde el LABFITMAR ha muestreado periódicamente cada quince días desde el 2003.

Fuente: Elaboración propia.

Otro aporte del monitoreo es el estudio sobre las fases de resistencia de los dinoflagelados productores de toxinas, conocidas como quistes de resistencia (figura 12.2), que pueden ser el “semillero” para las floraciones algales. A partir de este estudio, se lograron identificar las áreas de semilleros de dinoflagelados potencialmente tóxicos en el golfo de Nicoya. Dicha información es fundamental para el establecimiento de medidas preventivas ante eventuales FAN; especialmente, de especies productoras de toxinas de tipo paralizante y el desarrollo de proyectos productivos de maricultura, sobre todo, el cultivo de moluscos bivalvos.

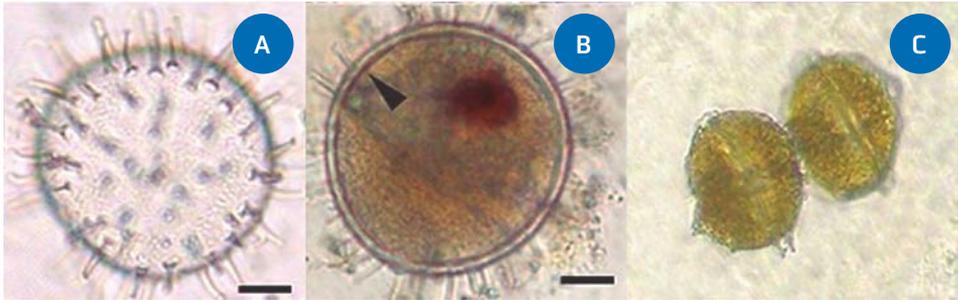


Figura 12.2. Quistes de resistencia y células vegetativas de *Pyrodinium bahamense*: A) quiste de forma semiesférica con procesos en forma de espina sobre la capa externa de la pared celular; B) Quiste con material celular presentando su cuerpo rojo y la capa interna de la pared celular (endofragma [indicado por la flecha]); C) Célula vegetativa formando una cadena de dos células. Barra de escala = 10 μm .

Fuente: Quirós, 2020.

Una de las conclusiones relevantes de este estudio fue que los sitios ubicados en la parte externa y media del golfo de Nicoya (Herradura, Punta Leona, Tárcoles, Bahía Caldera, Isla Cedros e Isla San Lucas), no se consideran aptos para el desarrollo de proyectos productivos como la maricultura, debido a la presencia de semilleros del dinoflagelado *P. bahamense*, productor de toxinas de tipo paralizante y formador de FAN (figura 12.3).

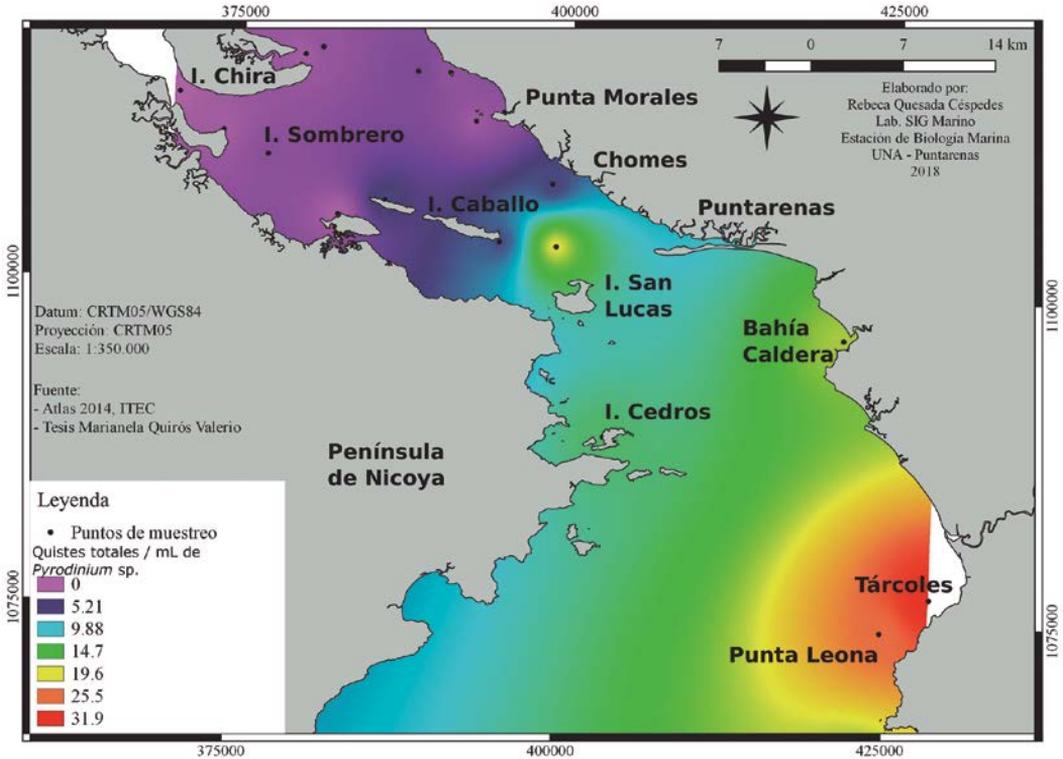


Figura 12.3. Distribución espacial de la concentración de los quistes de resistencia viables de *Pyrodinium bahamense*, durante el periodo abril 2013 a abril 2014, golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

Fuente: Quirós, 2020.

La ocurrencia de eventos de FAN, no depende únicamente de la presencia o ausencia de los quistes, sino que son determinados por las condiciones ambientales y los procesos de dispersión. Los quistes pueden germinar en el área identificada como semillero y, posteriormente, ser arrastrados a otra localidad por las corrientes marinas (Matsuoka & Fukuyo, 2000).

Consideraciones finales

A lo largo de las investigaciones sobre FAN en Costa Rica, se han identificado tres lecciones clave:

- Es esencial contar con una comisión interinstitucional para monitorear las FAN y tomar decisiones para proteger la salud humana y de los ecosistemas marino-costeros.
- La participación de las comunidades locales en los muestreos es crucial, ya que la salud y la sostenibilidad económica de sus habitantes se ven directamente afectadas por la dinámica de las FAN.
- Es fundamental mantener y financiar monitoreos continuos para comprender la dinámica de las FAN, que puede estar influenciada tanto por fenómenos naturales como por actividades humanas.

Como resultados de estas lecciones, Costa Rica, desde el 2014, implementó un sistema de vigilancia que previene casos de intoxicación por consumo de moluscos bivalvos. Este sistema incluye la capacitación continua del sector molusquero, instituciones gubernamentales y de salud, además de contar con la infraestructura científico-técnica que brinda la ECB, Con esto, se ha concientizado en la no comercialización y consumo de los moluscos bivalvos, cuando ocurren FAN, y con ello, garantiza la inocuidad de los productos marinos.

No obstante, aún hay áreas por mejorar, como la creación de plataformas digitales y el uso de redes sociales para informar al público sobre las FAN, así como la apertura de los datos a repositorios públicos para la comunidad científica. También es necesaria la integración de nuevas tecnologías, como mediciones satelitales y técnicas de inteligencia artificial, para optimizar el monitoreo y análisis de las FAN. El principal reto sigue siendo la falta de financiamiento para adquirir equipos y personal especializado, lo que limita la capacidad de investigación y respuesta ante estos fenómenos.

Referencias

- Calvo V. E., Boza A. J. y Berrocal A. K. (2014). Efectos de El Niño y La Niña sobre el comportamiento del microfitoplancton marino y las variables fisicoquímicas durante el 2008 a 2010 en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras*, 6, 1659-455.
- Mata, L., Abarca, G., Marranghello, L., y Víquez, R. (1990). Intoxicación paralítica por mariscos (IPM) por *Spondylus calcifer* contaminado con *Pyrodinium bahamense*, Costa Rica, 1989-1990. *Revista De Biología Tropical*, 38(1), 129–136. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24946>
- Matsuoka, K. y Fukuyo, Y. (2000). *Guía técnica para el estudio de quistes de dinoflagelados actuales*. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC.
- Quirós, M. (2020). *Identificación taxonómica y distribución espacial de quistes de resistencia de dinoflagelados nocivos, en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica*. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional, Costa Rica].
- SINAC-UNA. (2020). *Protocolo PRONAMEC: Protocolo para el Monitoreo Ecológico de Manglares en Costa Rica*. San José. Costa Rica.
- SINAC-UNA. (2021). *Protocolo Nacional para el Monitoreo Ecológico (PRONAMEC) de los Arrecifes Rocosos*. San José, Costa Rica. Escuela de Ciencias Biológicas, UNA. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. <https://www.sinac.go.cr/ES/docu/ASP/Protocolo-PRONAMEC-%20Arrecifes%20Rocosos.pdf>
- United Nations Environment Programme. (2023). *Decades of Mangrove forest change: What does it mean for nature, people and the climate?* UNEP - UN Environment Programme <https://www.unep.org/resources/report/decades-mangrove-forest-change-what-does-it-mean-nature-people-and-climate>

Vargas-Montero, M., Freer, E. (2004). Paralytic shellfish poisoning outbreaks in Costa Rica. In: Steidinger, K.A., Landsberg, J.H., Tomas, C.R., Vargo, G.A. (Eds.), Harmful. En Algae. (2002). Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Institute of Oceanography, and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, pp. 482-484.



Domo Térmico del Pacífico Tropical Oriental: importancia y desafíos de la economía azul

Daniela García Sánchez⁴⁴
Olman Segura Bonilla⁴⁵
Roxana Acuña Rodríguez⁴⁶

El Domo Térmico del Pacífico Tropical Oriental (DTCR-PTO) es un fenómeno océano-atmosférico único en el continente americano. Su ubicación aproximada se extiende frente a la costa pacífica de Centroamérica y se caracteriza por la surgencia de grandes masas profundas de agua fría, cargadas de nutrientes a la superficie. Este proceso aumenta la productividad biológica y la biodiversidad en la

44 Dra. Daniela García Sánchez, Universidad Nacional, Centro Internacional de Política Económica (CINPE), daniela.garcia.sanchez@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-2850-2611>

45 Dr. Olman Segura Bonilla, Universidad Nacional, Centro Internacional de Política Económica (CINPE), olman.segura.bonilla@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-5461-1769>

46 M.Sc. Roxana Acuña Rodríguez, Universidad Nacional, Centro Internacional de Política Económica (CINPE), roxana.acuna.rodriguez@est.una.ac.cr, <https://orcid.org/0009-0004-3316-8480>

zona (Ross *et al.*, 2019; Jiménez, 2016). Estas características convierten al domo en un bien público de alto valor por los servicios ecosistémicos que brinda, los cuales benefician actividades económicas como la pesca y el turismo marino (García y Segura, 2024), aprovechadas tanto por los países de la región centroamericana como por otros países fuera de la región (Jiménez, 2016).

Otra característica del domo es su ubicación en alta mar, fuera de áreas de jurisdicción nacional, lo que plantea un desafío para la gobernanza regional y global. Como respuesta, en el 2022 la Fundación MarViva junto con la Comisión del Mar de los Sargazos, la Universidad de Bretaña Occidental y la Oficina Francesa para la Biodiversidad (OFB) establecieron el proyecto SARGADOM. Dicho proyecto busca contribuir en la creación de modelos de gobernanza híbrida para la protección y gestión de los recursos en alta mar (García y Segura, 2024). Uno de los instrumentos es el Tratado para la Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad fuera de áreas de Jurisdicción Nacional (BBNJ), aprobado por la Organización de las Naciones Unidas en junio de 2023 (Naciones Unidas, 2023). La implementación requiere que se facilite en los diferentes países. Además de la ausencia de regulación, otro de los obstáculos que enfrentan zonas marítimas como el DTCR-PTO es la escasa información cuantitativa y cualitativa actualizada, así como del valor socioeconómico para orientar su uso sostenible (García y Segura, 2024). Ross *et al.* (2019) identificaron en algunos estudios el aporte económico que generan para Costa Rica actividades como la industria turística centrada en la observación de tiburones en US\$236 000 para el año 2006 y la pesca deportiva en US\$599 millones para el año 2008. Sin embargo, son datos desactualizados y generales.

En 2023, el equipo de investigación del Centro Internacional de Política Económica (CINPE), Universidad Nacional con la colaboración la Fundación MarViva desarrollaron un estudio para evidenciar la función que tiene el DTCR-PTO. Además de su valor inherente para la biodiversidad marina, lo tiene desde la perspectiva de las actividades económicas. A través de la búsqueda de información, el estudio se centró en cuantificar

los aportes económicos en la pesca comercial y deportiva, el turismo de avistamiento en cinco países de la región durante el período de 2017-2022. El objetivo de este capítulo es presentar los principales hallazgos y la metodología de la investigación desarrollada; así como la identificación de recomendaciones de política económica para el aprovechamiento sostenible en esta área peculiar.

La localización de este fenómeno oceanográfico está influenciada por los vientos alisios, la interacción de las corrientes oceánicas con la Zona de Convergencia Intertropical y fenómenos como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Estos factores provocan que su extensión se expanda o contraiga estacionalmente, abarcando miles de kilómetros cuadrados a lo largo del año. Según investigaciones realizadas en los últimos cincuenta años, las variaciones en su extensión pueden oscilar entre 200 y 1000 km y, en términos de área, fluctúa entre 800 y 1 000 000 de kilómetros cuadrados (Ross *et al.*, 2019).

Las oscilaciones mensuales en el diámetro del DTCR-PTO alcanzan su punto máximo de expansión en los meses de noviembre y diciembre. Durante el mes de octubre aproximadamente el 85 % de su extensión se localiza en aguas internacionales; mientras entre marzo y abril, se ubica predominantemente en las Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) de Costa Rica, Nicaragua y sur de México (figura 13.1). Estas particularidades plantean un desafío para la delimitación geográfica del DTCR-PTO. Sin embargo, gracias a las investigaciones de la Fundación MarViva, se ha logrado precisar su delimitación⁴⁷, como se aprecia a través de la línea de persistencia. El núcleo se puede ubicar en las coordenadas 9,56°N y 92,58°O, y sus límites máximos o periferia a unas 20 millas (32 km) de la costa aproximadamente.

47 Para ello, se considera el valor de la termoclina en 20 grados y medida a una profundidad de 35 metros, así como la determinación del grado de constancia de estos valores a lo largo de 30 años (1980-2009).

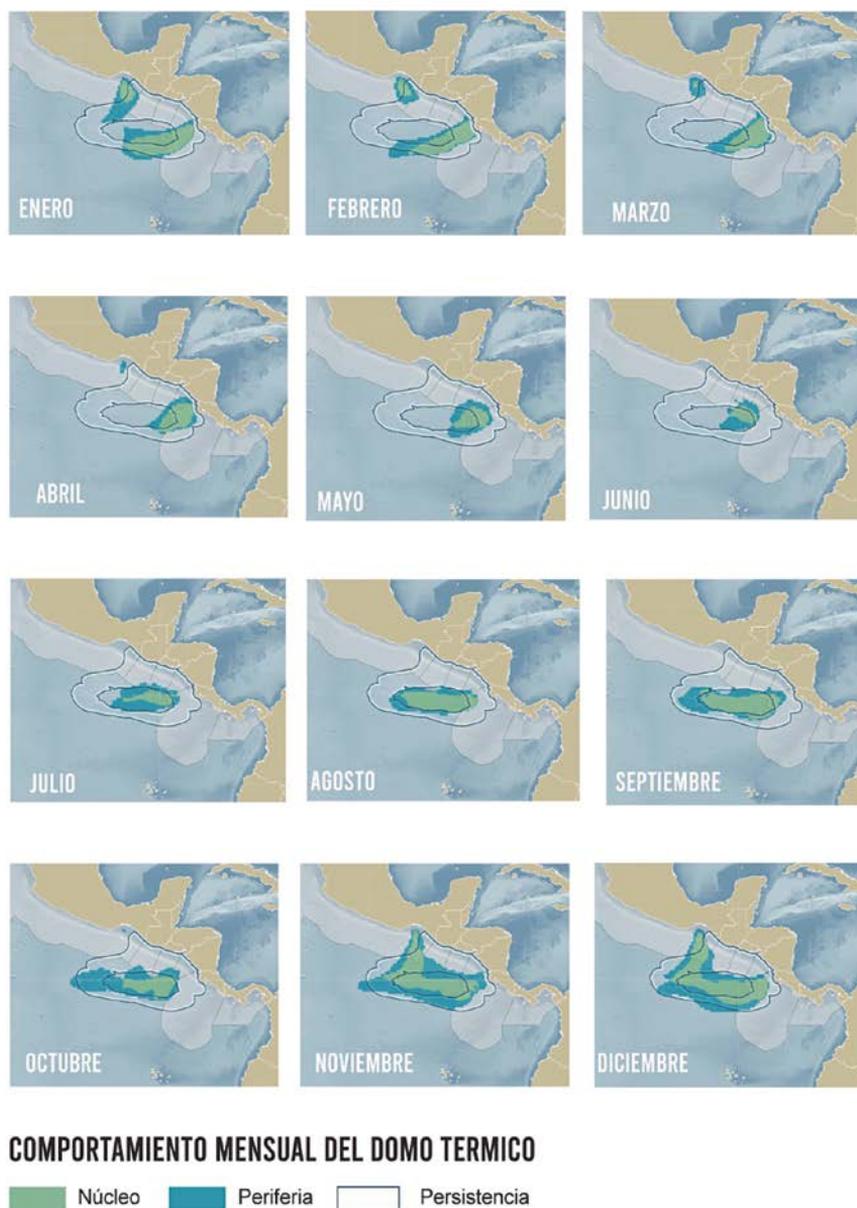


Figura 13.1. Desplazamiento mensual del DTCCR-PT.

Fuente: CINPE-UNA con datos de la Universidad de Duke, 2023.

La delimitación incluye porciones de las zonas de jurisdicción marítima del sur de México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, lo que suma un total de cinco países de interés. Frente a las costas de estos países, mar adentro, el fenómeno del domo facilita la surgencia de aguas ricas en nutrientes y genera un entorno propicio para una amplia diversidad de especies marinas.

Datos recopilados en el *Atlas del Domo Térmico de Costa Rica* revela que alrededor de 70 grupos de especies habitan o frecuentan el DTCR-PTO (Ross *et al.*, 2019), desde zooplancton marino hasta la ballena azul (cuadro 1). Además, la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), el pez vela (*Istiophorus platypterus*), el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), que habitan el domo, son reconocidas como especies bandera debido a su función crucial en la ecología de este hábitat; así como sus notables comportamientos de recorrido o movilidad.

Una vez delimitada el área de estudio y reconocida la importancia natural del domo, se definió una metodología de investigación orientada a analizar la relación entre la abundancia y diversidad marina, así como su vinculación con ciertas actividades productivas. Para ello, se seleccionaron grupos de especies clave por su relevancia en las actividades pesqueras y turísticas, con el objetivo de evaluar posteriormente el impacto económico generado por sus interacciones en esta región.

Las especies bandera mencionadas anteriormente poseen valor turístico, principalmente para actividades como el avistamiento, incluyendo además la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), el tiburón zorro (*Alopias superciliosus*), azul (*Prionace glauca*) y martillo (*Sphyrna lewini*), las rayas pelágicas (*Pteroplatytrygon violacea*) y tortugas baula (*Dermocheilus coriacea*) y olivácea (*Lepidochelys olivacea*). Adicionalmente, algunos de los grupos de especies presentes en el área de estudio son reconocidos por su considerable valor comercial en la industria pesquera, subrayando su contribución en términos de capturas, ventas y exportaciones. Entre ellas, sobresale el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), que frecuenta el domo como una de las áreas de reproducción y la convierte en una de las principales zonas de captura a nivel mundial (Jiménez, 2016).

Otras especies de relevancia comercial son dorado común (*Coryphaena Hyppurus*), picudo (*Istiophoridae*) y pez espada (*Xiphias Gladius*) que son capturadas mediante artes pesqueras como el cerco y el palangre que se practican en el área del domo. En resumen, estos grupos de especies se seleccionaron para cuantificar los aportes económicos del DTCR-PTO (identificado con un asterisco en el cuadro 13.1).

Cuadro 13.1. Grupos de especies que habitan o frecuentan el DTCR-PTO.

Nombre común	Nombre científico
Aguja azul	<i>Makaira nigricans</i>
Anchoveta luminosa	<i>Vinciguerria lucetia</i>
Atún aleta amarilla*	<i>Thunnus albacares*</i>
Atún patudo*	<i>Thunnus obesus*</i>
Ballena azul*	<i>Balaenoptera musculus*</i>
Barrilete negro*	<i>Euthynnus lineatus*</i>
Baqueta plomo o prieta	<i>Epinephelus niphobles</i>
Calamar gigante	<i>Dosidicus gigas</i>
Calderón tropical	<i>Globicephala macrorhynchus</i>
Camarón Krill	<i>Euphasia eximia</i>
Camarón mísido rojo	<i>Gnathophausia ingens</i>
Cazones	Carcharhinidae
Delfín común*	<i>Delphinus delphis*</i>
Delfín girador	<i>Stenella longirostris</i>
Delfín listado	<i>Stenella coeruleoalba</i>

GESTIÓN DE LOS OCÉANOS:
ALGUNAS LECCIONES APRENDIDAS EN EXPERIENCIAS TROPICALES

Nombre común	Nombre científico
Delfín manchado	<i>Stenella attenuata</i>
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>
Derivante ojón	<i>Cubiceps pauciradiatus</i>
Dorado común*	<i>Coryphaena hippurus*</i>
Dorado enano	<i>Coryphanea equisells</i>
Escorpión enano	<i>Scorpaenodes xyrisa</i>
Eufausiáceos	<i>Euphausiides</i>
Gusano flecha	<i>Quetognatos</i>
Lenguado dientón	<i>Cyclopsetta querna</i>
Linternilla alargada	<i>Lampanyctus parvicauda</i>
Linternilla de Diógenes	<i>Diogenichthys laternataus</i>
Luminoso punteado	<i>Viniciguerria lucetia</i>
Manta alfredi	<i>Mobula alfredi</i>
Manta cornuda	<i>Mobula tarapacana</i>
Manta de espina	<i>Mobula japonica</i>
Manta de monje	<i>Mobula munkiana</i>
Manta doblada	<i>Mobula thurstoni</i>
Manta gigante	<i>Mobula birostris</i>
Mantaraya	<i>Mobula alfredi</i>
Marlín*	Istiophoridae*
Marlín negro	<i>Istiompax indica</i>
Marlín rayado	<i>Kajikia audax</i>

Nombre común	Nombre científico
Orca	<i>Orcinus orca</i>
Pez arcoíris	<i>Melonis affinis</i>
Pez espada*	<i>Xiphias gladius*</i>
Pez martillo	Sphyrnidae
Pez vela*	<i>Istiophorus platypterus*</i>
Raya pelágica	<i>Pteroplatytrygon violacea</i>
Rayado	<i>Katsuwonus pelamis</i>
Sardina española	<i>Sardinops sagax</i>
Señorita piedrera	<i>Halichoeres semicinctus</i>
Tiburón azul*	<i>Prionace glauca*</i>
Tiburón ballena	<i>Rhincodon typus</i>
Tiburón martillo*	<i>Sphyrna lewini*</i>
Tiburón martillo liso	<i>Sphyrna zygaena</i>
Tiburón oceánico	<i>Carcharhinus longimanus</i>
Tiburón sedoso*	<i>Carcharhinus falciformis*</i>
Tiburón zorro	<i>Alopias superciliosus</i>
Tortuga laúd	<i>Dermochelys coriacea</i>
Tortuga olivácea*	<i>Lepidochelys olivacea*</i>
Tortuga verde*	<i>Chelonia mydas*</i>
Volador barbudo	<i>Exocoetus monocirrhus,</i>
-	<i>Myctophum orientales</i>
-	<i>E. lamelligera</i>
-	<i>Eucalanus inermis</i>
-	<i>Pterocorys minythrax</i>

Nombre común	Nombre científico
-	<i>Eucalunus subtenuis</i>
-	<i>S. subtenuls</i>
-	<i>Uvigerina hispida</i>
-	<i>Bathophilus spp</i>
-	<i>Cibicidoides mundulus</i>
-	<i>Bathophilus filifer</i>
Zooplancton marino	-

Fuente: CINPE-UNA con datos de Ross *et al.*, 2019.

Para cuantificar las actividades productivas y el impacto económico del domo, se emplearon fuentes diversas de información, cada una con ciertas ventajas y limitaciones. En el caso de la actividad pesquera, se recopilieron datos geoespaciales delimitados al área del DTCR-PTO, provenientes de Global Fishing Watch (GFW), que ofrece información sobre el esfuerzo pesquero medido en horas, tanto de embarcaciones cerqueras como palangreras⁴⁸, clasificadas según su bandera. Estos datos se obtienen mediante sistemas de rastreo AIS (Sistema de Identificación Automática) y VMS (Sistema de Monitoreo Satelital), los cuales registran la ubicación en tiempo real, movimientos y horas en cada área, aunque sin especificar el tipo de captura. Adicionalmente, se contó con la información de la Organización Interamericana del Atún (CIAT) sobre el atún capturado por las embarcaciones cerqueras afiliadas y según bandera⁴⁹.

Cada conjunto de datos se procesó utilizando técnicas específicas. En el caso de los datos proporcionados por la CIAT, el tonelaje de atún capturado en el domo durante el período de estudio se multiplicó por el

48 Las embarcaciones cerqueras utilizan el cerco como técnica de pesca que implica rodear una porción de agua con una red circular para atrapar a los peces que se encuentran en su interior. Mientras que las embarcaciones palangreras utilizan el método de pesca que involucra el uso de una línea principal larga y flotante equipada con múltiples anzuelos.

49 La información de CIAT se limita a la pesca de atún y solo incluye a los países miembros, lo que excluye a Guatemala y El Salvador.

precio de mercado promedio de cada año. Este precio se estimó a partir de los datos recopilados de las instituciones de los cinco países seleccionados para el estudio. Por otro lado, el análisis de los datos proporcionados por GFW se centró en las embarcaciones cerqueras, de las cuales se logró determinar una capacidad promedio diaria de 300 toneladas, a partir del rango de su capacidad de almacenamiento según la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA, 2008)⁵⁰. Utilizando esta capacidad promedio y los registros de horas, convertidos a días, se calculó una estimación del tonelaje de captura durante el período de estudio. Finalmente, se aplicaron los precios promedio de mercado a nivel regional para cada año. La información del cuadro 13.2 compara los resultados de ambas fuentes, únicamente para la pesca cerquera.

Cuadro 13.2. Valor de la pesca comercial en el DTCR-PTO por buques cerqueros de países bajo estudio según datos de GFW y CIAT.

Año	Datos de GFW		Datos CIAT	
	Tonelaje	Valor (dólares)	Tonelaje	Valor (dólares)
2017	55 200	118 790 400	15 548	33 459 296
2018	76 500	165 087 000	17 035	36 761 530
2019	32 700	59 546 700	15 222	27 719 262
2020	47 700	77 989 500	9 948	16 264 980
2021	28 500	45 913 500	13 376	21 548 736
2022	20 100	32 381 100	7 410	11 937 510
Total	260 700	499 708 200	78 539	147 691 314

Fuente: CINPE-UNA con datos de GFW, 2023 y CIAT, 2023.

⁵⁰ Solo se pudo estimar el tonelaje de captura de la pesca cerquera, pues no se dispone de datos de capacidad promedio de la flota palangrera, por lo que el análisis pesquero es parcial.

En el caso de la pesca deportiva y del avistamiento de especies, no se cuenta con información georreferenciada; por lo tanto, la estimación del aporte económico del domo a estas actividades requirió de supuestos metodológicos adicionales. Respecto a la pesca deportiva, para establecer una conexión entre los ingresos generados por esta actividad y el DTCCR-PTO, se tomaron en cuenta los resultados de Chaminade y Hernández (2020) sobre las capturas de pesca deportiva en el área marina de del Parque Nacional Corcovado, en la costa Pacífica de Costa Rica. Los resultados muestran que cuatro de ocho grupos de especies de captura principal en pesca deportiva corresponden a grupos que habitan o frecuentan el domo (atún, dorado, pez vela y marlín).

Esta información infiere que buena parte de las capturas es posible debido a la presencia del DTCCR-PTO; sin embargo, para un análisis más preciso se requiere contar con información de las toneladas de captura principal de pesca deportiva para cada tipo de especie. En el estudio se aplicó una reducción de 50 % al valor total estimado de la pesca deportiva. Del área de estudio, solo El Salvador, Guatemala y Costa Rica registran datos de turismo con objetivo de pesca deportiva, aunque no en todos los años⁵¹. Esto limita la estimación de gastos indirectos, lo que genera una subestimación.

Se identificaron diferentes flujos económicos directamente derivados de la pesca deportiva. Por un lado, los ingresos que el Estado recibe mediante la emisión de permisos, licencias, carnés, así como a través de la organización de torneos relacionados con esta actividad en los países seleccionados. Por otro lado, los gastos realizados por los turistas que practican esta actividad, tales como transporte, hospedaje, alimentación, y los relacionados con la tripulación y mantenimiento de las embarcaciones⁵², que se convierten en ingresos para quienes los reciben (cuadro 13.3). La información utilizada para este análisis provino de las instituciones nacionales

51 En el caso de la pesca deportiva existen vacíos significativos, ya que en algunos países los institutos de turismo no registran la información o no lo hacen en todos los periodos. Adicionalmente, las metodologías no son comparables, lo cual dificulta su análisis.

52 Solo Costa Rica presenta un registro completo del número de embarcaciones utilizadas para transportar a los turistas de pesca deportiva. Esto genera que en los demás países el cálculo de ingresos indirectos no sea completo, sino una subestimación.

de pesca deportiva y turismo de cada país, así como el estudio sobre perfil del turista atraído por pesca deportiva de Villalobos (2021).

Cuadro 13.3. Valor de las actividades vinculadas a la pesca deportiva en países bajo estudio.

Año	Valor de los ingresos del Estado por permisos o licencias (dólares)	Valor de ingresos por gastos varios de turistas (dólares)	Total
2017	505 893	432 644 155	433 150 048
2018	523 049	439 757 764	440 280 813
2019	417 175	455 348 200	455 765 375
2020	297 623	130 152	427 775
2021	286 005	230 840 278	231 126 283
2022	14 524	356 716 686	356 731 210
Total	2 044 269	1 915 437 235	1 917 481 504

Fuente: Elaborado por el CINPE-UNA con datos de CONAPESCA, 2022; INCO-PESCA, 2023; INPESCA, 2021; MAGA, 2023; CORSATUR, 2023 y FECOP, 2018 y 2019.

En el caso del turismo de avistamiento, el principal obstáculo fue la falta de estadísticas e información secundaria en los países de la región. Por esta razón, se optó por la recolección de información primaria mediante entrevistas⁵³. En el 2023, el equipo de investigación entrevistó a personal involucrado en empresas que ofrecen *tours* de avistamiento en la costa del Pacífico de los cinco países bajo estudio (cuadro 13.4). A partir de esta información, se estimó el ingreso para el total de empresas identificadas que ofrecen este servicio en cada país.

⁵³ Las entrevistas a los proveedores de servicios de avistamiento se hicieron en línea o vía telefónica, excepto en Costa Rica, donde se llevaron a cabo de manera presencial.

Cuadro 13.4. Valor de ingresos por avistamiento de cetáceos en países bajo estudio año 2023.

País	Monto anual promedio por empresa (dólares)	Cantidad de empresas	Monto anual por país (dólares)
Costa Rica	632 394	15	9 485 910
México	679 680	20	13 593 600
El Salvador	77 168	6	463 008
Nicaragua	279 300	3	837 900
Guatemala	21 460	6	128 760
Total	-	50	24 509 178

Fuente: CINPE-UNA con datos de las entrevistas realizadas a las empresas tour operadoras de avistamiento de cetáceos, 2023.

El análisis de los resultados por actividad revela información significativa en cuanto a su capacidad para sustentar las economías locales y regionales, fundamentales para la generación de empleo y el bienestar de las comunidades de la región, así como de otros países. Los gastos de turistas que practican la pesca deportiva y avistamiento de cetáceos son ingresos que no solo benefician a las empresas directamente involucradas, sino que también impulsan el desarrollo de otras industrias locales, como hotelería y comercio, importantes en las zonas costeras de los países.

En lo que respecta a la pesca comercial, los beneficios que brinda el DTCR-PTO sobrepasan las fronteras regionales. Los datos del GFW (cuadro 13.5) permiten destacar que el 76 % del esfuerzo pesquero en el domo corresponde a embarcaciones palangreras (4528 días) y el 24 % a embarcaciones cerqueras (1405 días). En el caso de las embarcaciones palangreras, menos del 1 % del total del esfuerzo pesquero proviene de los países analizados, el resto corresponde a países fuera de la región; mayoritariamente, de Taiwán. Lo anterior destaca la necesidad de implementar políticas y estrategias que promuevan la sostenibilidad y el aprovechamiento equitativo

a nivel internacional. En contraste, el 62 % del esfuerzo pesquero de las embarcaciones cerqueras en el área del domo es atribuido a barcos de los países bajo estudio.

Cuadro 13.5. Esfuerzo pesquero en días, según arte de pesca y bandera, 2017-2022.

País	Arte de pesca			
	Cercos		Palangre	
	Total de días	Porcentaje	Total de días	Porcentaje
Bermudas	112	8,0	0	0,0
Fiji	0	0,0	739	16,3
México	576	41,0	0	0,0
Nicaragua	295	21,0	0	0,0
Panamá	169	12,0	192	4,2
Taiwán	0	0,0	3429	75,7
Venezuela	239	17,0	0	0,0
Otros ^a	14	1,0	169	3,7
Total	1 405	100,0	4 529	100,0

^a Incluye: Colombia, China, Ecuador, España, El Salvador, Japón y Vanuatu.
Fuente: CINPE-UNA con datos de GFW, 2023.

El enfoque integral de la investigación permite comprender y concluir que, al menos, 11 grupos de especies que habitan o frecuentan el DTCR-PTO sustentan actividades económicas vitales como la pesca comercial y deportiva; así como el turismo de avistamiento. Su preservación contribuye a la sostenibilidad a largo plazo de estas y otras actividades similares en la región.

Los aportes económicos de estas actividades con datos actualizados van desde los US\$24.5 millones al año por avistamiento de cetáceos (cuadro 13.4), hasta más de US\$200 millones en gasto anuales relacionados con

la pesca deportiva (cuadro 13.3, aplicando el ajuste del 50 % por capturas de grupos de especie que habitan o frecuentan el DTCR-PTO). El monto estimado del aporte de la pesca comercial varía según escenarios resumidos en el cuadro 13.2, con los datos de GFW oscila entre US\$32 millones hasta más de US\$160 millones y representa en promedio cerca del 29 % del valor del PIB pesquero de México y los países de América Central.

No obstante, resulta necesario implementar medidas de regulación y monitoreo de las diferentes actividades para valorar con más precisión la economía azul de este territorio. Algunas recomendaciones en esta línea son el establecimiento de áreas protegidas enfocadas en la pesca —considerando su capacidad de carga—, además de la regulación de rutas de navegación y de las artes de pesca sostenibles. Otras medidas primordiales son la implementación de infraestructuras nacionales para el desarrollo sostenible del sector pesquero y turístico, fomentar el uso de tecnología para recolectar datos, la estandarización en el registro de estadísticas, y la salvaguarda de los intereses nacionales de países pequeños en la amplia región del océano Pacífico.

Todas estas medidas en favor de la economía azul constituyen acciones esenciales que deben adoptarse para asegurar la sostenibilidad de este invaluable ecosistema. Finalmente, en concordancia con el impulso de tratados internacionales para la protección y gestión del DTCR-PTO a un nivel supranacional, se requiere de acompañar con acciones coordinadas y sostenidas en el tiempo por parte de las autoridades competentes y otros actores involucrados a nivel nacional, regional y global.

Agradecimientos

Agradecemos a la Fundación MarViva por la confianza depositada en el CINPE-UNA para producir este trabajo pionero y su anuencia sobre la divulgación de los resultados. A Shirley Méndez Cordonero e Ivannia Bolaños Herrera por su apoyo en el proceso de investigación. La responsabilidad de lo presentado es enteramente de las personas investigadoras y autoras del documento.

Referencias

- Chaminade, C. y Hernández, N. (2020). Informe Socioeconómico Expansión Área Marina Protegida Corcovado. Conservación Osa.
- Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CI-CAA). (2008). Descripción de las pesquerías con redes de cerco. https://www.iccat.int/Documents/SCRS/Manual/CH3/CHAP%203_1_1_PS_SPA.pdf
- Comisión Interamericana del Atún Tropical [CIAT]. (2023). Archivos de datos de dominio público para descargar. <https://www.iattc.org/es-ES/Data/Public-domain>
- García-Sánchez, D. y Segura-Bonilla, O. (2024). Los desafíos económicos y biológicos del domo térmico / Economic and Biological Challenges of the Thermal Dome. Suplemento *La UNA por los Océanos*, periódico Campus. https://publica2.una.ac.cr/periodicoCampus/UNA_Oceanos_Suplemento/
- Global Fishing Watch. (2023). Ocean Governance through Transparency | Global Fishing Watch. <https://globalfishingwatch.org/about-us/>
- Naciones Unidas. (2023). Se adopta un acuerdo histórico sobre biodiversidad marina para proteger el océano y abordar la degradación medioambiental. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2023/08/marine-biodiversity-landmark-agreement-adopted/>
- Jiménez, J.A. (2016). El Domo Térmico de Costa Rica: Un oasis de productividad frente a las costas del Pacífico Centroamericano. San José, Costa Rica: Fundación MarViva.
- Ross E., Jiménez, J.A., Castro, M. & Blanco, M. (2019). The Thermal Dome of Costa Rica / Atlas. San. José, Costa Rica: MarViva Foundation. 108 pp. <https://marviva.net/wp-content/uploads/2021/10/Atlas-Domo-Termico-Ingles-MarViva-web.pdf>

Villalobos, D. (2021). Perfil del turista atraído por la pesca deportiva en La Marina Los Sueños, Marina PezVela, Marina Bay y Marina Papagayo. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Turismo (ICT). <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/comisión-marinasy-atracaderos-turisticos-cimat/2113-informe-perfil-del-turista-que-practica-pesca-turistica-y-deportiva-costa-rica-19-7-2021/file.html>



PARTE V
Capítulo final



Los océanos son una responsabilidad colectiva

Carlos Morera Beita⁵⁴
Viviana Salgado Silva⁵⁵
Sandra León Coto⁵⁶

La humanidad depende de los océanos, vastos ecosistemas que cubren la mayor parte de nuestro planeta. Estos interactúan con la atmósfera y albergan una compleja red de procesos físicos, químicos y biológicos. Las zonas costeras, donde se encuentran los océanos y la tierra son especialmente dinámicas y esenciales para la vida. La interacción entre la tierra, el mar y la atmósfera crea un sistema interconectado que influye en el clima global y sustenta una gran diversidad de vida.

54 Dr. Carlos Morera Beita, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Geográficas, cmorera@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-4014-6122>

55 M.Sc. Viviana Salgado Silva, Universidad Nacional, Vicerrectoría de Investigación, vsalgado@una.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-3587-5512>

56 Licda. Sandra León Coto, Exrectora de la Universidad Nacional, sandra.leon.coto@gmail.com

Los océanos y las zonas costeras enfrentan una creciente presión debido a una combinación de factores naturales y antropogénicos. La degradación de los hábitats marinos, la pérdida de biodiversidad, la sobrepesca y la contaminación por sustancias como plásticos y nutrientes son problemas cada vez más graves. El cambio climático agrava aún más esta situación y provoca el aumento del nivel del mar, la acidificación oceánica y la erosión costera. Estas alteraciones ponen en riesgo la salud de los ecosistemas marinos, la seguridad alimentaria de las comunidades y la infraestructura costeras. A pesar de estos desafíos, muchas comunidades costeras, especialmente aquellas en situación de vulnerabilidad, dependen del mar para su subsistencia y mantienen un estrecho vínculo cultural con este.

Los diversos fenómenos costeros y oceánicos no reconocen fronteras; aún más, sus distribuciones varían con el tiempo, siendo algunos transfronterizos, regionales o globales. De lo anterior, se infiere la complejidad de la gestión de la costa, pues su funcionamiento depende del estado de salud de sistemas que pueden estar ubicados a distancias lejanas. Esta característica amerita la implementación de abordajes desde escalas regionales, locales y globales.

Los fenómenos costeros y oceánicos trascienden fronteras y cambian con el tiempo, con escalas tanto locales como globales. Esta complejidad convierte la gestión costera en un desafío, ya que implica considerar sistemas interconectados que pueden estar muy distantes.

Costa Rica, con su amplia experiencia en la gestión de los espacios marinos, propone una visión integral que reconoce al océano como un sistema complejo y las costas como espacios comunitarios. Este enfoque, basado en la rigurosidad académica y la responsabilidad social, busca articular diferentes perspectivas y encontrar soluciones a los desafíos ambientales, económicos y sociales que enfrentan las zonas costeras.

Desde la perspectiva de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (Convemar), este libro analiza la visión amplia que proponen las ordenanzas nacionales e internacionales para una gobernanza fundamentada de los espacios oceánicos. La sustentabilidad depende de la capacidad de construir esa gobernanza, aunando los esfuerzos y compromiso de todos los países para cumplir cabalmente con sus obligaciones legales mediante la adopción de legislaciones nacionales

efectivas. Lo anterior es un requisito básico para combatir la contaminación y la sobreexplotación de los recursos oceánicos. Aunque la experiencia de Costa Rica evidencia avances, presenta también desafíos y debilidades para la implementación de un marco normativo coherente. La emergente desarticulación institucional amenaza el cumplimiento de los compromisos gubernamentales ya adquiridos, como principales garantes de la conservación de los espacios marinos.

Una experiencia aleccionadora de Costa Rica, relacionada con la construcción de una gobernanza efectiva, es el establecimiento y ampliación de áreas protegidas, como el Parque Nacional Isla del Coco y el Área Marina de Manejo Montes Submarinos. La culminación exitosa de este proceso se debe precisamente a la prioridad dada a la integración de esfuerzos institucionales, comunitarios, académicos y legislativos, con la meta de conservar la biodiversidad y procurar la sustentabilidad de los recursos marinos, en los que se basa el bienestar de las comunidades usuarias de estos recursos, así como otras actividades fundamentales, como la pesca y el turismo. La creciente presión ejercida sobre los ecosistemas marinos debe motivar la replicación de procesos consultivos como el mencionado, con el fin de establecer o ampliar áreas protegidas, así como asegurar la efectividad de su manejo. Es en estos espacios donde la academia universitaria puede y debe tener un papel protagonista, debido a su capacidad técnica, rigurosidad científica e independencia de criterio. Estos elementos son fundamentales para diseñar el modelo de gestión participativa necesario para alcanzar consensos en la conservación y manejo de los ecosistemas y recursos.

Un proceso similar e igualmente exitoso condujo a la creación e implementación de las áreas marinas protegidas en Costa Rica; entre ellas la Reserva Natural Absoluta Cabo Blanco y las áreas marinas de pesca responsable. A pesar de las dificultades —derivadas de la diversidad de criterios e intereses antepuestos sobre la creación de dichas áreas marinas, su manejo colaborativo y la priorización del bienestar comunitario por sobre el individual—, el proceso condujo a una coordinación y cooperación que revitalizó las comunidades pesqueras y a la diversificación de las especies de captura.

Estas experiencias son una demostración de que la conservación puede ser prioritaria para las personas pescadoras, evidenciando la necesidad de controlar el aprovechamiento de los recursos como medida para asegurar la economía local y el futuro de las comunidades costeras. No obstante, no debe ignorarse que en las zonas costeras en Costa Rica prima la desarticulación institucional y el Estado falla en la implementación de una normativa vinculante.

En ese escenario, las comunidades pesqueras resultan esenciales para la gestión de los océanos y las universidades públicas del país, en especial la Universidad Nacional, resultan vitales en la construcción de territorios costeros donde impere la convivencia democrática y respetuosa de los derechos humanos. Las personas que desarrollan actividad pesquera a pequeña escala enfrentan problemas que agudizan su vulnerabilidad, caracterizada actualmente por la marginación, el desempleo y la pobreza. De esta forma, la toma de decisiones con la participación de las personas pescadoras a pequeña escala se convierte en la alternativa válida y eficaz en el camino hacia la sustentabilidad. Sin duda, para lograr la participación efectiva de las comunidades costeras no es suficiente la democratización de la normativa o la intervención de las instituciones involucradas, implica también el empoderamiento y la construcción de liderazgos, capaces de reconocer las condiciones imperantes en las zonas costeras que resultan determinantes en la construcción conjunta de comunidades resilientes. La responsabilidad gubernamental debe enfocarse en apoyar estos liderazgos para facilitar la creación de una planificación prospectiva a nivel local, nacional y regional, garante de las transformaciones necesarias.

Las mujeres tienen una función protagónica en las comunidades pesqueras que las convierte en guardianas del conocimiento y lideresas en la lucha por la sobrevivencia familiar. Así lo atestiguan las mujeres pescadoras de Barra del Colorado en Costa Rica e Ilhabela en Brasil. Estas actrices tan potentes son invisibilizadas, al igual que su esfuerzo cotidiano por enlazar los valores culturales con las pautas determinantes en el desarrollo comunitario. La contradicción debe superarse en el esfuerzo por garantizar los derechos de todas las personas habitantes de un país. A su vez, son quienes forman parte de una comunidad mundial, con identidades, luchas y problemáticas similares.

Las mujeres pescadoras y sus sensibilidades particulares sobre el espacio donde conviven, las validan como interlocutoras ante las manifestaciones del cambio climático en las costas. Las alteraciones físicas de territorios, como en el litoral Caribe de Costa Rica, no son necesariamente evidentes para quienes no se exponen directamente a ellas; mientras la academia requiere de monitoreos prolongados de la dinámica costera, estas transformaciones resultan palpables para las mujeres pescadoras.

Los procesos erosivos son parte de la dinámica costera y el análisis profundo de los océanos requiere considerarlos en su complejidad, en tanto productos de la interacción entre procesos naturales y la actividad humana, con consecuencias en las zonas costeras donde habita uno de los sectores más empobrecido de la población costarricense, como se describió con antelación. Las investigaciones ponen a disposición datos científicos que no solo permiten reconocer la dinámica costera, sino también anticipan escenarios de cambio. Esta información es imprescindible para los gobiernos locales en la elaboración o revisión de los planes de ordenamiento territorial cantonales, puesto que posibilitan reducir la exposición a eventos con potencial de arriesgar la vida de las personas, la destrucción de ecosistemas y de la infraestructura costera.

Posiblemente los tsunamis son eventos aún más esporádicos que los deslizamientos erosivos en las costas, sin embargo, el crecimiento acelerado de la población en estas zonas aumenta el riesgo de exposición a los embates de estos fenómenos. En tanto se construyan capacidades preventivas, la resiliencia de las comunidades ante los desastres puede aumentar. En este sentido, los mapas de evacuación que acompañan su diseño resultan idóneos, más si en estos se incorporan a planes de contingencia a ejecutar interinstitucionalmente.

Una limitación que afecta el impacto de la Universidad Nacional en sus ámbitos de atención prioritaria es la disponibilidad de recursos y la consecuente dificultad que estas condiciones establecen para la planificación de la investigación a mediano y largo plazo, e igualmente importante son las dificultades para innovar en metodologías de monitoreo. A pesar de las dificultades, la dinámica costera en el Golfo de Nicoya y en la Bahía de Santa Elena, ambos espacios territoriales de relevancia para la economía nacional y la conservación ambiental, se mantiene bajo investigación

desde hace varios años y la información generada posibilita la modelación de los parámetros oceanográficos y de sus interacciones. Las proyecciones podrían ser el fundamento requerido en la toma de decisiones en las comunidades, en los gobiernos locales y a nivel nacional.

Algunas investigaciones implementadas en la UNA utilizan la sistología como herramienta de monitoreo. De esta manera, se revela la complejidad de la dinámica oceánica y de sus interacciones con la corteza terrestre. Dicha metodología ha sido eficaz en la detección de amenazas asociadas al cambio climático. Se trata de tecnologías innovadoras que ponen a disposición de la comunidad científica información en tiempo real sobre las variaciones oceánicas y los desafíos que estos efectos generan en las medidas preventivas y de atención cuando se materializan los riesgos. Estas tecnologías avanzadas son una prueba más de los significativos aportes que las universidades públicas de Costa Rica ofrecen en la comprensión del delicado equilibrio entre las actividades humanas, las fluctuaciones climáticas y la dinámica de los ecosistemas, así como el potencial desestabilizador creciente de fenómenos oceánicos, entre ellos el Domo Térmico del Pacífico Tropical Oriental.

Los estudios subrayan la importancia del fenómeno antes mencionado en la economía de los países que aprovechan su riqueza natural. Al mismo tiempo, revelan su vulnerabilidad creciente, en tanto no se implementen medidas regulatorias sobre el uso de los recursos y las acciones protectoras de la biodiversidad, estrategias que dependen ambas de la atención permanente de las especies y de los ecosistemas mediante esfuerzos coordinados a nivel nacional e internacional. Igual de relevantes resultan otras estrategias de monitoreo biológico que la Universidad Nacional mantiene por más de treinta años en zonas costeras estratégicas, para identificar las condiciones que generan floraciones algales nocivas, así como los riesgos de estos eventos en la salud de las personas y en la economía de los territorios afectados. La estrategia de monitoreo y atención del riesgo se ha transformado con el tiempo y, ante los efectos cada vez más profundos de los eventos de floración, demanda la implementación de innovaciones que aceleren los procesos de medición y faciliten la comunicación con autoridades locales.

A pesar de los avances en cuanto a conocimiento, se identifican áreas fundamentales que se requieren fortalecer para continuar en el camino de la gestión sustentable de los océanos, por ejemplo:

- Acentuar esfuerzos coherentes, integrados de vigilancia de los océanos y las costas del mundo, cuyos productos tengan impacto en el mediano y largo plazo, con el objetivo final de conservar, gestionar, hacer un uso sustentable de los recursos oceánicos y costeros, así como minimizar la vulnerabilidad y anticipar fenómenos extremos u ordinarios.
- Abordar el problema científico de interés desde su complejidad, como corresponda, con participación científica multi e interdisciplinaria.
- Incentivar abordajes integrados, planificados y con inversiones de largo plazo con cooperación entre naciones y organismos internacionales.
- Promover la cooperación entre grupos científicos que tengan intereses comunes para mejorar el alcance de los proyectos, compartir las capacidades instaladas y aumentar la capacidad de análisis de datos.
- Acentuar el desarrollo de bases de datos, con control de calidad de la información, históricos y confiables, como registros digitalizados, acompañados de metadatos, para conocer, seguir cambios y pronosticar fenómenos regionales o globales.
- Convocar a las comunidades costeras, a las personas responsables de decisiones, a las y los legisladores, a la sociedad civil, las organizaciones internacionales, a especialistas y a la sociedad en general para adoptar medidas para proteger, utilizar de manera sostenible los recursos marinos y costeros y disminuir la vulnerabilidad costera.
- Priorizar fuentes de financiamiento acordes con los requerimientos de productos científicos de alto impacto, en cuanto cobertura espacial y temporal.



Sobre los autores y autoras

ROXANA ACUÑA RODRÍGUEZ

Economista graduada de la Escuela de Economía de la Universidad Nacional, con una Maestría en Gestión y Finanzas Públicas del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), donde se desempeña como investigadora en el área de Recursos Naturales y Ambientales. Realizó una pasantía entre 2022 y 2023 en la Universidad de Lund, Suecia. Sus áreas de investigación incluyen Smart Cities, finanzas para gobiernos locales y gestión de la información municipal para la toma de decisiones. Ha contribuido al diseño de metodologías para índices de sostenibilidad urbana y ha participado en proyectos orientados al fortalecimiento de la gobernanza local y la planificación estratégica.

roxana.acuna.rodriguez@est.una.ac.cr

<https://orcid.org/0009-0004-3316-8480>

MALKON ALFARO CARVAJAL

Máster en Educación con énfasis en Pedagogía Universitaria, licenciado en Comunicación Visual. Con trayectoria en la experimentación visual e implementación de tecnologías en espacios educativos y artísticos. Ha sido coordinador de la Carrera Virtual en Diseño y Comunicación Visual de la Universidad San Marcos, Costa Rica, actualmente es profesor en la Universidad de Costa Rica, en la carrera de Diseño Gráfico. Su labor investigativa se vincula a programas de la Universidad Nacional, contribuyendo al análisis y desarrollo de propuestas en tecnología, medios gráficos y audiovisuales. Con experiencia en diversos ámbitos del diseño, incluyendo diseño editorial, diseño de imagen corporativa, branding, diseño ambiental, diseño de espacios y diseño escenográfico y conocimiento en gestión artística y desarrollo de propuestas innovadoras en comunicación visual.

malkon.alfaro.carvajal@una.ac.cr

SUELI ANGELO FURLA

Doctora en Geografía Física por la Universidad de São Paulo, máster en ciencias naturales por la Universidad de São Paulo y licenciada en Ciencias Biológicas por la misma universidad. Profesora asociada con amplia experiencia en temas ambientales, de conservación y planificación ambiental, ha coordinado la elaboración de planes de manejo de áreas protegidas. Beca de Productividad CNPq/Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Fue Jefa del Departamento de Geografía-USP (2018-2022) así como coordinadora del Centro de Apoyo a la Investigación sobre Poblaciones Humanas en Humedales Brasileños - NUPAUB-USP (2015-hasta el presente). Ha sido tutora de 46 investigaciones a nivel de doctorado y maestría. Ha publicado más de 30 artículos científicos y 40 libros.

sucaangf@usp.br

<https://orcid.org/0000-0001-9774-2331>

GUSTAVO BARRANTES CASTILLO

Doctor en ciencias naturales para el desarrollo, máster en computación con énfasis en sistemas de información por el Instituto Tecnológico de Costa

Rica y licenciado en geografía física por la Universidad Nacional, Costa Rica. Actualmente es profesor catedrático de la Escuela de Ciencias Geográficas donde imparte cursos como geociencias, gestión del riesgo y geomorfología y es coordinador del Programa de Geomorfología Ambiental (PROGEA) por medio del cual ha dirigido una variedad de proyectos vinculados con amenazas naturales y dinámica litoral. Cuenta con una extensa publicación científica en temas relacionados con dinámica litoral, erosión costera, evaluación multiamenaza, riesgo de desastre, TIG y ordenamiento territorial ambiental.

gustavo.barrantes.castillo@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0003-2130-8883>

KAREN BERROCAL ARTAVIA

Licenciada en biología con énfasis en manejo de recursos marinos y dulceacuícolas de la Universidad Nacional. Ha colaborado como asistente académica e investigadora en el Laboratorio de Fitoplancton Marino de la Estación de Biología Marina, Juan Bertoglia Richards de la Universidad Nacional, con más de 17 años de experiencia en el estudio del fitoplancton marino en la región costera. Ha participado en la publicación de varios artículos científicos y un libro. Actualmente finaliza su tesis de Maestría en Ciencias Marinas y Costeras.

karen.berrocal.artavia@una.ac.cr

<https://orcid.org/0009-0008-7437-8504>

WILFREDO ALEXIS BUSTAMANTE RODRÍGUEZ

Master en Docencia Universitaria de la Universidad Nacional, Costa Rica. Licenciado en Artes Plásticas con énfasis en Diseño Gráfico de la Universidad Ciencias y el Arte, Costa Rica. Bachiller en Arte y Comunicación Visual con énfasis en Diseño Gráfico, UNA. Actualmente académico, diseñador gráfico, enfocado a nuevas tecnologías del diseño, arte y educativa. Entre los intereses se encuentra la investigación y exploración de las tecnologías y herramientas gráficas en los procesos pedagógicos e investigativos, en especial el de la ciencia, mediante las visualizaciones y desarrollo de

imágenes para la ciencia. Con participación en ponencias, artículos, producciones y exposiciones tanto nacionales como internacionales.

wilfredo.bustamante.rodriguez@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-1611-4307>

DANIELA CAMPOS DURÁN

Doctora en Ciencias de la Tierra por la Universidad de Barcelona, máster en Gestión del Riesgo de Desastres por la Universidad de Costa Rica y licenciada en Ciencias Geográficas con énfasis en Ordenamiento Territorial por la Universidad Nacional. Actualmente, es profesora e investigadora en la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional, cuenta con amplia experiencia en el campo de geociencias, cronoestratigrafía volcánica, geomorfología costera y volcánica y evaluación de riesgos. Ha participado en proyectos destacados como el Programa de Geomorfología Ambiental (PROGEA) y el monitoreo de la erosión costera en el Caribe sur costarricense, contribuyendo al desarrollo de metodologías innovadoras para la planificación territorial y la reducción del riesgo de desastres. Es autora de más de 15 publicaciones científicas en revistas de alto impacto, abordando temas como el análisis de peligros volcánicos, sismicidad y las desigualdades en la gestión del riesgo en Centroamérica.

daniela.campos.duran@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0001-8912-0807>

NAHOMY CAMPOS-SALAS

Bachiller en Enseñanza de la Matemática de la Universidad Nacional, Costa Rica y Diplomada en Sismología de la Universidad de Chile. Actualmente es asistente de investigación en el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica en el análisis de datos sismológicos y la programación. Trabajando con el Doctor Esteban Chaves en la identificación de fenómenos como sismos de baja frecuencia y sismos repetidos en diferentes regiones de Costa Rica.

nahomy.campos.salas@est.una.ac.cr

<https://orcid.org/0009-0009-8529-4557>

SILVIA CHACÓN BARRANTES

Doctora en Geociencias Naturales de la Universidad de Kiel, Alemania, Máster en Oceanografía Física de CICESE, México y Bachiller en Física de la Universidad de Costa Rica. Catedrática del Departamento de Física de la Universidad Nacional con amplia experiencia en tsunamis. Ha publicado un libro, más de 20 artículos científicos y participado en más de 30 ponencias a nivel nacional e internacional.

silvia.chacon.barrantes@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0003-1659-1768>

ANDREA CHACÓN RODRÍGUEZ

Máster en Administración de Espacios Culturales Académica y licenciada en Arte Escénico, investigadora y diseñadora costarricense, además de artista escénica formada en la Escuela de Arte Escénico de la Universidad Nacional. Actualmente es coordinadora del Laboratorio Escénico Digital y coordinadora técnica tanto en la Universidad Nacional como en la Universidad de Costa Rica. En estos espacios, comparte su pasión por el diseño y la tecnología aplicados a las artes escénicas. Su trabajo se caracteriza por la exploración del diseño escénico a través de la tecnología, destacándose especialmente por su capacidad para intervenir los espacios mediante la luz, creando atmósferas únicas y signos que comunican mucho más allá de lo visual. En 2023, su aporte al arte y la innovación fue reconocido con el Premio Nacional Ricardo Fernández Guardia, en la categoría de “Diseño de Iluminación”, por su trabajo en la obra teatral Paso.

andrea.charod@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-7846-0707>

ESTEBAN J. CHAVES

Doctor en Ciencias de la Tierra con especialización en Sismología de la Universidad de California, Santa Cruz; licenciatura en Ciencias Naturales y Física de la Universidad Nacional y Universidad de Costa Rica. Profesor en la Universidad Nacional en las áreas de sismología y física de terremotos. Actualmente es investigador y director del OVSICORI-UNA y ha

sido presidente de la Comisión Sismológica de América Latina y el Caribe (LACSC) entre 2022 y 2024. Entre sus publicaciones destacan más de 30 artículos en revistas científicas de alto impacto, incluyendo temas sobre terremotos, deslizamientos y el uso de inteligencia artificial en sismología.

esteban.j.chaves@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-5724-1513>

NATALIA CORRALES GÓMEZ

Bióloga, con una maestría en Ciencias Marinas y Costeras. Ha sido miembro de diversidad de Consejos Regionales y Nacionales de tipo gubernamental y fue Directora del Parque Marino del Pacífico (2014-2024). Además, ha coordinado el proyecto de Monitoreo Ecológico de Manglares en los últimos tres años y el Programa Parque Marino del Pacífico-Escuela de Ciencias Biológicas-Universidad Nacional. Posee experiencia en la Administración Pública.

natalia.corrales.gomez@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-0093-6189>

KRISTEL ESPINOZA HERNÁNDEZ

Licenciada en Ciencias Geográficas por la Universidad Nacional, actualmente cursa una maestría en Manejo y Política de Desastres con especialización en tsunamis, en el Instituto Internacional de Sismología e Ingeniería Sísmica (IISSE), Japón. Posee experiencia en gestión del riesgo ante desastres, con énfasis en la evaluación y mitigación de tsunamis. Se ha desempeñado como académica en el Departamento de Física de la Universidad Nacional (2022-2024). Ha publicado dos artículos científicos, dos capítulos de libros y dos ponencias en congresos científicos.

kristel.espinoza.hernandez@una.ac.cr

MARVIN FONSECA BORRÁS

Geógrafo graduado en la Universidad de Costa Rica, con una Maestría en Geografía de la Universidad de Costa Rica con Graduación de Honor. Miembro asociado a CoopeSoliDar R.L. y Presidente del Consejo de

Administración. Trabaja en los temas de conservación de la biodiversidad y derechos humanos, manejo pesquero con énfasis en pequeña escala, gobernanza de recursos naturales, áreas silvestres protegidas y generación de políticas públicas. Ha participado como docente en centros de educación superior, tales como, Universidad de Costa Rica (UCR) y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Una experiencia de 30 años de trabajo, comunidades locales, afro y territorios indígenas.
mfonseca@coopesolidar.org

ANDREA GARCÍA ROJAS

Bióloga Marina con doctorado en Ecología y Gestión de Recursos Vivos Marinos por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. Es investigadora de la Escuela de Ciencias Biológicas. Ha escrito varios artículos científicos en revistas indexadas y es coautora del Protocolo para el Monitoreo Ecológico de Arrecifes Rocosos (PRONAMEC). Participa de diversos proyectos de investigación, en la evaluación del estado de salud de ecosistemas de arrecifes rocosos y la determinación de la presencia de microplástico en organismos y ambientes marino-costeros y terrestres.
andrea.garcia.rojas@una.ac.cr
<https://orcid.org/0000-0003-3451-7094>

DANIELA GARCÍA SÁNCHEZ

Doctora en ciencias políticas por la Universidad de Hamburgo (UHH), máster en economía ecológica y desarrollo sostenible de la Universidad Nacional y economista por la Universidad de Costa Rica. Se ha desempeñado como profesora, investigadora y coordinadora de programas de la Universidad Nacional, también asesora técnica en proyectos de cambio climático de la Cooperación alemana, GIZ y como economista en el Área de Ambiente y Energía de la Contraloría General de la República. Ha publicado numerosos artículos sobre desarrollo sostenible y políticas para la gestión de recursos naturales y energéticos.
daniela.garcia.sanchez@una.ac.cr
<https://orcid.org/0000-0003-2850-2611>

RAFAEL GUTIÉRREZ ROJAS

Máster en Ecoturismo y Manejo de Áreas Protegidas de la ULACIT, Licenciado en Geografía de la Universidad de Costa Rica, egresado de cursos especializados en ecoturismo de la Universidad George Washington, Washington D.C., y Mercadeo del INCAE, CR. Profesor en la UCR, UNA, ULACIT y UIA en manejo de áreas protegidas, geografía del turismo, geografía de Centroamérica y otros. Ha fungido como Director del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, SINAC y Viceministro de Ambiente, Aguas y Mares, Costa Rica. Asimismo ha sido representante de Costa Rica ante convenciones internacionales, consultor internacional en temas ambientales, participación y coordinación en la formulación de más de 50 planes de manejo en áreas protegidas. Es coautor de publicaciones de trabajo en el Sistema Nacional de Áreas de Conservación en temas de manejo de áreas protegidas y planificación administrativo ambiental.

rafagutiero@gmail.com

SONIA HAJAJI-SALGADO

Bachiller en Geología de la Universidad de Costa Rica y Diplomada en Sismología de la Universidad de Chile. Actualmente, es pasante académica en el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI) donde apoya el estudio de la física de fallas, temblores y deslizamientos. Ha publicado un artículo científico sobre la investigación pionera en disparo dinámico en el contexto costarricense.

sonia.hajaji.salgado@una.ac.cr

<https://orcid.org/0009-0007-0807-2235>

LUIS ADRIÁN HERNÁNDEZ NOGUERA

Máster en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en Manejo de Recursos Marinos y Costeros; Biólogo con énfasis en Biología Marina y Dulceacuícola; profesor en Ciencias Naturales con Concentración en Biología para el Tercer Ciclo de la Enseñanza General Básica y el Ciclo Diversificado. Funcionario de la Estación de Biología Marina de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional por más de 18 años como Investigador, profesor de

la Carrera Bachillerato en Biología con énfasis en Biología Marina y de la Carrera de Licenciatura en Biología con énfasis en Manejo de Recursos Marinos y Dulceacuícolas; coordinador desde el 2017 de proyectos de Investigación en el área de evaluación y manejo pesquero en el Laboratorio de Análisis Biológico Pesqueros de la UNA. Ha publicado más de 15 artículos científicos e informes técnicos para el sector de pesca artesanal de la región.

luis.hernandez.noguera@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0003-3698-7161>

MARIO HERNÁNDEZ VILLALOBOS

Máster en Geografía y máster en Antropología por la Universidad de Costa Rica, actualmente doctorado en Gobierno y Políticas Públicas (UCR). Con experiencia en temas como: manejo de políticas ambientales de la banca multilateral, procesos de participación pública y consulta indígena, planificación territorial y políticas públicas y derecho municipal, negociación y resolución de conflictos socioambientales, manejo de desastres naturales y evaluación económica del daño ambiental. Tiene diversas publicaciones tanto en periódicos como en revistas científicas. Académico del Instituto de estudios de la Población donde actualmente coordina desde el año 2020, hasta la actualidad el Programa Interdisciplinario Costero (PIC).

mario.hernandez.villalobos@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0001-7242-6973>

NIXON LARA-QUESADA

Licenciado en Manejo de Recursos Marinos y Dulceacuícolas. Bachiller en Biología con énfasis en Biología Marina. Funcionario del Departamento de Investigación del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA), coordinador de proyectos de investigación pesqueros, coordinador de la Comisión de Seguimiento del Plan de Acción Nacional de Tiburones en Costa Rica, con experiencia en procesos de capacitación a sector pesquero en temas de biología marina, biología pesquera, manejo y conservación, así como asistencia técnica en Áreas Marinas de Pesca Responsable.

nlara@incopesca.go.cr

<https://orcid.org/0009-0004-6203-8706>

SANDRA LEÓN COTO

Química de formación, académica graduada de la Universidad de Costa Rica. Fue profesora catedrática de la Universidad Nacional donde fungió como decana de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (2000-2005), así como Vicerrectora Académica (2005-2010) y Rectora (2010-2015). Su investigación, así como sus publicaciones, se han centrado en la química del océano, siendo pionera en tema como el manejo de desechos; caracterización físico-química de estuarios y de la plataforma continental de Centroamérica; contaminación y procesos de sedimentación en la zona litoral y manejo de cuencas costeras. Con múltiples reconocimientos por su trayectoria académica, destacando el título de la “Química del Año” por el Colegio de Químicos en el año 2024. Actualmente es una académica jubilada y coopera en la junta directiva del Colegio Humanístico de la Universidad Nacional.

sandra.leon.coto@gmail.com

CAROLINA MARÍN VINDAS

Doctora en Ciencias Marinas por la Universitat de Barcelona y la Universitat Politècnica de Catalunya, España. Se desempeña como académica e investigadora de la Escuela de Ciencias Biológicas y actualmente coordina el Laboratorio de Microbiología Marina. Entre sus intereses profesionales se destaca la ecología microbiana marina y el uso biotecnológico de los microorganismos procedentes del medio ambiente acuático. Ha publicado diversos artículos científicos en revistas indexadas y participado de varias campañas oceanográficas.

carolina.marin.vindas@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-9013-2378>

AMARU MÁRQUEZ ARTAVIA

Doctor y máster en ciencias del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, del Instituto Politécnico Nacional de México. Graduado como biólogo marino de la Universidad Nacional de Costa Rica. Es profesor de la Escuela de Ciencias Biológicas, y coordinador del Laboratorio de Fitoplancton Marino en Puntarenas, Costa Rica. Su interés de investigación se centra en el acople

entre procesos físicos y biológicos, principalmente sobre los productores primarios. Ha publicado sus hallazgos en revistas internacionales. Cuenta con experiencia en el uso de planeadores submarinos y perfiladores autónomos para estudiar la variabilidad del interior del océano en diferentes escalas.

amaru.marquez.artavia@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0003-0991-547X>

CARLOS MORERA BEITA

Doctor en planificación ambiental de la Universidad de Barcelona, máster en manejo de recursos naturales de la Universidad de Arizona y licenciado en geografía física de la Universidad Nacional. Profesor catedrático con amplia experiencia en temas de ambiente, conservación y turismo. Ha fungido como director de la Escuela de Ciencias Geográficas (2004-2009) y Vicerrector de Investigación (2010-2015). Ha publicado más de 80 artículos científicos y varios libros.

cmorera@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-4014-6122>

CARLOS MURILLO ZAMORA

Doctor en Gobierno y Políticas Públicas de la Universidad de Costa Rica; maestría y licenciatura en Relaciones Internacionales de la Universidad Nacional, Costa Rica. Profesor catedrático de las Universidades Nacional y de Costa Rica en las áreas de Relaciones Internacionales y Administración Pública. Es director del Centro de Investigación Observatorio del Desarrollo, UCR desde 2022. Entre sus libros publicados están: Seguridad a inicios del siglo XXI. Retos y desafíos en un mundo transformado (2022); Reconceptualización de Relaciones Internacionales en un mundo transformado (2018); Costa Rica y el Derecho del Mar (2ª edición, 2017); y Política Exterior, Hegemonía y Estados Pequeños. Los países centroamericanos y bálticos en la ONU (2012). Ha publicado más de 10 capítulos en libros editados y más de 30 artículos en revistas especializadas.

carlos.murillo.zamora@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0001-5104-7675>

EVELYN NUÑEZ-ALPIZAR

Doctora en Ciencias de la Tierra con especialización en Sismología de la Universidad de Granada, España; Máster en Geofísica y Metrología de la Universidad de Granada, España; Bachiller en Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Profesora Académica en la Universidad Nacional. Investigadora en el OVSICORI-UNA en las áreas de sismología y ruido sísmico. Entre sus publicaciones destaca el artículo de tomografía 3D de Costa Rica usando ruido sísmico.

evelyn.nunez.alpizar@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-8600-3098>

FABIO RIVERA CERDAS

Máster en gestión de riesgo de la Universidad Central y licenciado en geografía de la Universidad Nacional. Con experiencia en temas de Tsunamis, diseño cartográfico y análisis espacial. Ha trabajado como académico del departamento de Física (2018 - a la actualidad). Ha publicado un libro, más de 10 artículos científicos y más de 20 ponencias en congresos científicos.

fabio.rivera.cerdas@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0003-4922-9650>

PAULA ROJAS AMADOR

Doctora (Ph.D) en Teatro (2018) de la Universidad Laval en Québec, Canadá, en el programa de Littérature et arts de la scène et l'écran con énfasis en el tema de la tecnología digital en la escena. Maestría en Teatro de la Universidad del Estado de Santa Catarina-Brasil (UDESC) en torno a la interpretación contemporánea. Bachiller y Licenciada en Teatro (UNA). Directora de teatro, actriz, investigadora, creadora intermedial y catedrática de la Universidad Nacional, Costa Rica. Actualmente funge como directora de la Escuela de Arte Escénico en donde ha impartido cursos de interpretación, dirección e investigación artística. Ha participado en iniciativas como: "Teatro Talleres", "Cidea Hacia Afuera: nuevas tecnologías aplicadas

al arte”, “Radio Cidea”, “Capacitación Teatral” y el “Laboratorio Escénico Digital (LED)”, el cual se centra en la investigación sobre la relación entre el arte y las tecnologías digitales.

paula.rojas.amador@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0001-7563-361X>

MARCELO SALAS CASCANTE

Master en ingeniería computacional y matemática de la Universidad de Rovira i Virgili, licenciado en ingeniería eléctrica de la Universidad de Costa Rica y bachiller en física de la Universidad de Costa Rica. Profesor de física e investigador en estudios costeros mediante la implementación de modelos hidrodinámicos y procesamiento digital de imágenes satelitales en la Universidad Nacional. Ingeniero de planificación de proyectos de telecomunicaciones en Instituto Costarricense de Electricidad y en la Superintendencia de Telecomunicaciones hasta el 2022.

marcelo.salas.cascante@una.ac.cr

<https://orcid.org/0009-0004-3869-3735>

JUAN PABLO SALAZAR CECILIANO

Máster en Ciencias con énfasis en Oceanografía Física del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), México, y Bachiller en Meteorología por la Universidad de Costa Rica (UCR). Investigador y docente del Departamento de Física de la Universidad Nacional con experiencia en procesos físicos del océano, como la circulación hidrodinámica, la variabilidad climática y el uso de información satelital para el monitoreo marino. Ha publicado varios artículos científicos en revistas internacionales y participado en proyectos interdisciplinarios enfocados en la dinámica oceanográfica del Pacífico Tropical Oriental y la hidrodinámica en estuarios de Costa Rica.

juan.salazar.ceciliano@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-6951-5286>

VIVIANA SALGADO SILVA

Máster en gestión y estudios ambientales, licenciada en biología tropical y bachiller en biología tropical, todos obtenidos en la Universidad Nacional, Costa Rica (UNA). Diplomada en manejo integrado de cuencas en el siglo XXI. Asesora académica de la investigación en la Vicerrectoría de Investigación de la UNA, con experiencia en la gestión de fondos, en evaluación de proyectos y en la conducción de procesos estratégicos institucionales. Sus publicaciones se relacionan con la experiencia en el Laboratorio de Manejo de Recurso Hídrico de la Escuela de Química (UNA) y como asesora académica en temáticas relacionadas a la gestión de la investigación.

vsalgado@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0003-3587-5512>

PEDRO SANDOVAL ALVARADO

Máster en Ingeniería Computacional y Matemática de la Universidad Rovira i Virgili, máster en simulación molecular de la Universidad de Huelva y licenciado en ingeniería en Construcción por el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Profesor de Estadística y Matemática de la Universidad Técnica Nacional, académico del Departamento de Física de la Universidad Nacional, Costa Rica. Es miembro de BIOSTATNET y del Institut de Recerca Biomèdica de Lleida (IRBLLEIDA) y del ECOMM-FIT (Experimentos, Computación y Modelización en Mecánica de Fluidos y Turbulencia).

pedro.sandoval.alvarado@una.ac.cr

OLMAN SEGURA BONILLA

Doctor en Economía de la Universidad de Aalborg, Dinamarca, máster en Economía para el Desarrollo de América Latina de la Universidad Queen Mary & Westfiel College, Londres, Inglaterra y Bachiller en Economía y Ciencias Políticas de la Universidad de Wisconsin, Estados Unidos. Profesor catedrático con amplia experiencia en temas de economía del ambiente y desarrollo e innovación. Rector de la Universidad

Nacional (2005-2010) y Ministro de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica (2012-2014), director del Centro Internacional de Política Económica (CINPE) (2019-2024). Ha publicado más de 40 artículos científicos y de política pública y varios libros.

olman.segura.bonilla@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-5461-1769>

VIVIENNE SOLÍS RIVERA

Bióloga de la Universidad de Costa Rica, con una maestría en Ecología de la Universidad de Lawrence, Kansas USA. Es asociada y miembro fundador de CoopeSoliDar R.L., una cooperativa que promueve la conservación de la diversidad biológica y cultural como parte fundamental de la resiliencia de pueblos indígenas y comunidades locales a los nuevos retos y oportunidades. Es miembro honorario del Consorcio Global de Territorios Indígenas y comunidades locales (ICCA) y parte del Colectivo Internacional de apoyo a los trabajadores de la pesca (ICSF); ambas organizaciones que dan seguimiento al Marco Global de la Biodiversidad que se trabaja desde el Convenio de Diversidad Biológica. Además forma parte del Grupo Mayor de mujeres de las Naciones Unidas.

vsolis@coopesolidar.org

ROSA SOTO ROJAS

Máster en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis Evaluación de Recursos Marinos y Costeros. Licenciada en Biología Marinas con énfasis en Acuicultura y Bachiller en Biología Marina. Funcionaria de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional por más de 30 años como Investigadora y Profesora del Bachillerato y la Licenciatura en Biología Marina. Con más de 25 publicaciones entre artículos científicos e informes técnicos.

rosa.soto.rojas@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-1928-2023>

ALEXANDRE TISSEAU NAVARRO

Licenciado en Manejo de Recursos Marinos y de Agua Dulce por la Universidad Nacional, Costa Rica y máster en Oceanografía Costera por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es investigador y docente en el Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero (LAOCOS) de la Universidad Nacional, donde se dedica al análisis de datos oceanográficos y al estudio de la hidrodinámica costera. Ha participado en diversos proyectos relacionados con la caracterización hidrográfica y el análisis de dinámicas estuarinas y costeras. Sus publicaciones científicas se han enfocado en el Pacífico Norte de Costa Rica, abordando temas como la circulación costera, la variabilidad hidrográfica y la conexión de estas variables con peces de importancia comercial.

alexandre.tisseaux.navarro@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0003-2634-2036>

JOSÉ MAURO VARGAS HERNÁNDEZ

Profesor catedrático en el Departamento de Física de la Universidad Nacional (UNA), es bachiller en física de la Universidad de Costa Rica, tiene una maestría en geociencias costeras e ingeniería de la Universidad de Kiel y un doctorado en oceanografía física de la Universidad de Tasmania. Ha fungido como subdirector del Departamento de Física y actualmente es director de dicha unidad académica y del Instituto Internacional de Océano con sede en la UNA. Se enfoca su investigación mayormente en temas de oceanografía costera y variabilidad del océano usando observaciones in situ y modelos numéricos computacionales para comprender los mecanismos físicos que gobiernan la hidrodinámica de estuarios, bahías y lagunas en zonas costeras. Es autor de múltiples artículos científicos, informes técnicos y capítulos de libros.

jose.vargas.hernandez@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-7014-7054>

LUIS VEGA CORRALES

Biólogo Marino con Maestría en Ciencias Marinas con énfasis en Manejo de Recursos Marinos y Costeros, y formación avanzada en Ecotoxicología Tropical. Es académico del Laboratorio de Microbiología Marina de la Estación de Biología Marina de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, Costa Rica. Sus principales áreas de interés son la ecotoxicología marina y la bioprospección de microorganismos marinos. Cuenta con experiencia docente en cursos como Biología de los Microorganismos y Aplicaciones y Bioprospección de Microorganismos. Ha participado en Proyectos de Investigación Interdisciplinarios. Cuenta con producción científica.

luis.vega.corrales@una.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0003-3389-4373>

SANDRO VIEIRA VOX

Bachillerato y Licenciatura en Geografía por la Universidad de São Paulo, participante desde 2019 del grupo de investigación Paisaje y Territorialidades de la Conservación en Brasil del CNPq (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación) coordinado por la Dra. Sueli Angelo Furlan / Laboratorio de Climatología y Biogeografía de la Universidad de São Paulo.

svox74@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-2356-0564>



PUBLICACIONES
UNIVERSIDAD NACIONAL

Este libro fue diseñado e impreso en 2025 en el Programa de Publicaciones e Impresiones de la Universidad Nacional, consta de un tiraje de 250 ejemplares en papel couché y cartulina barnizable y una versión PDF interactivo para lectura en dispositivos electrónicos.

5495-25-PUNA