

VOLUMEN 2

Boletín

EXPEDICIÓN CIENTÍFICA SEAFLOWER 2021-I OLD PROVIDENCE Y SANTA CATALINA

Boletín EXPEDICIÓN CIENTÍFICA SEAFLOWER 2021-I

OLD PROVIDENCE Y SANTA CATALINA



Gobierno del
Cambio



COLOMBIA
POTENCIA DE LA
VIDA



COMISIÓN
COLOMBIANA
DEL OCEANO

Boletín EXPEDICIÓN CIENTÍFICA SEAFLOWER 2021-I

OLD PROVIDENCE Y SANTA CATALINA



**PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA**



OLD PROVIDENCE

Y SANTA CATALINA

COMISIÓN COLOMBIANA
DEL OCÉANO

Laura Camila Sarabia Torres

Presidente

CN Juan Camilo Forero Hauzeur

Secretario Ejecutivo

TN Sebastián Reyes

Jefe Asuntos Marinos y Costeros

Juliana Torres Acero

Asesora Ecosistemas Estratégicos del Caribe

Valentina Corrales Oyola

Asistente Ecosistemas Estratégicos del Caribe

William González Daza

Analista Datos Biodiversidad

MESA TÉCNICA SEAFLOWER

Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Dirección de Ordenamiento Ambiental Territorial y Sistema Nacional Ambiental

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación

Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano

Armada Nacional de Colombia

Dirección General Marítima

Parques Nacionales Naturales

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

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis

Universidad Nacional de Colombia

AUTORES

Dirección General Marítima

Paola Echeverry Hernández

Parques Nacionales Naturales

Marcela Cano Correa

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis

Diana Isabel Gómez López

Andrés Felipe Acosta Chaparro

Elizabeth Galeano

Jenny Alexandra Rodríguez

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

Gloria Andrea Murcia

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Boris Villanueva Tamayo

Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Brigitte Gavio

Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe

Adriana Santos Martínez

Julián Prato Valderrama

Diana Castaño

Alfredo Abril Howard

Violeta Posada Riaño

Arnold Hudson

Pablo Ureña Ianini

Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe

Jairo Medina Calderón

Universidad Nacional de Colombia, CECIMAR

Arturo Acero Pizarro

Alejandra Puentes Sayo

Natalia Rivas Escobar

Universidad del Valle

José Julián Tavera

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Mateo López-Victoria

Universidad Jorge Tadeo Lozano

Aminta Jauregui

Corporación Universidad de la Costa

Luana Portz

Universidad Autónoma de Madrid

Rogerio Portantiolo Manzolli

Universidade de Sergipe

Priscila Teixeira Campos

Florida International University

Diego Cardeñosa

University of Florida

Natalia Uribe Castañeda

Fundación Corales de Paz

Phanor Montoya

Ángela Alegría Ortega

Andrea Caicedo

Josselyn Bryan Arboleda

Daniele Florio

Fundación Blue Indigo

Gyssel Cantillo

Providence and Ketlina Huxsbill Foundation

Esteban Andrade Lemus

Laura Carolina Rodríguez Rey

COORDINACIÓN EDITORIAL

Juliana Torres Acero

Coordinación Programa Seaflower

Valentina Corrales Oyola

Asistente Programa Seaflower



Andrés Barragán

Dirección Editorial

Juan Mikán

Corrección de Estilo

Inti Alonso

Dirección de Arte

Valeria Cobo

Diseño y Diagramación

Guillermo Torres

David Sarmiento

Ilustración

CITACIÓN

CCO. (2024). Boletín Expedición Científica Seaflower 2021-I Old Providence y Santa Catalina. Bogotá D.C.: Puntoaparte Editores.

ISSN

3028-4104

Comisión Colombiana del Océano

Carrera 86 No. 51 - 66 Oficina 306

| Edificio World Business Center

| www.cco.gov.co | Bogotá D.C., Colombia | Agosto 2024

Boletín Expedición Científica Seaflower 2021-I Old Providence y Santa Catalina es una publicación de carácter técnico e informativo. Su edición cuenta con el ISSN ... para formato impreso y el ISSN ... para formato digital, que amplía el alcance de la publicación impresa.

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

Contenido

Presentación

Pág. 8

Resiliencia y recuperación de las islas de Old Providence y Santa Catalina

Pág. 10



Estructura y composición florística del bosque seco tropical

Pág. 14



Recuperación y monitoreo de las parcelas permanentes de manglar en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon

Pág. 18



Valoración de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad de los arrecifes de coral

Pág. 28



Estrategias de involucramiento de las comunidades en la restauración coralina

Pág. 38



Diversidad y abundancia de tiburones, rayas y otros recursos pesqueros

Pág. 44



Monitoreo y caracterización de las playas de anidación de tortugas marinas

Pág. 54



Distribución, composición y origen potencial de la basura marina

Pág. 58



Sistema de información geográfico de la Reserva de Biósfera Seaflower

Pág. 62

Referencias

Pág. 66



Evaluación y caracterización de praderas de pastos marinos para la restauración ecológica

Pág. 22



Fotomosaicos como instrumento para la conservación y restauración de arrecifes de coral

Pág. 34



Integridad ecológica y biodiversidad de los ecosistemas arrecifales

Pág. 40



Laguna de manglar del Parque Nacional Natural McBean Lagoon y su relevancia para la ictiofauna de Old Providence y Santa Catalina

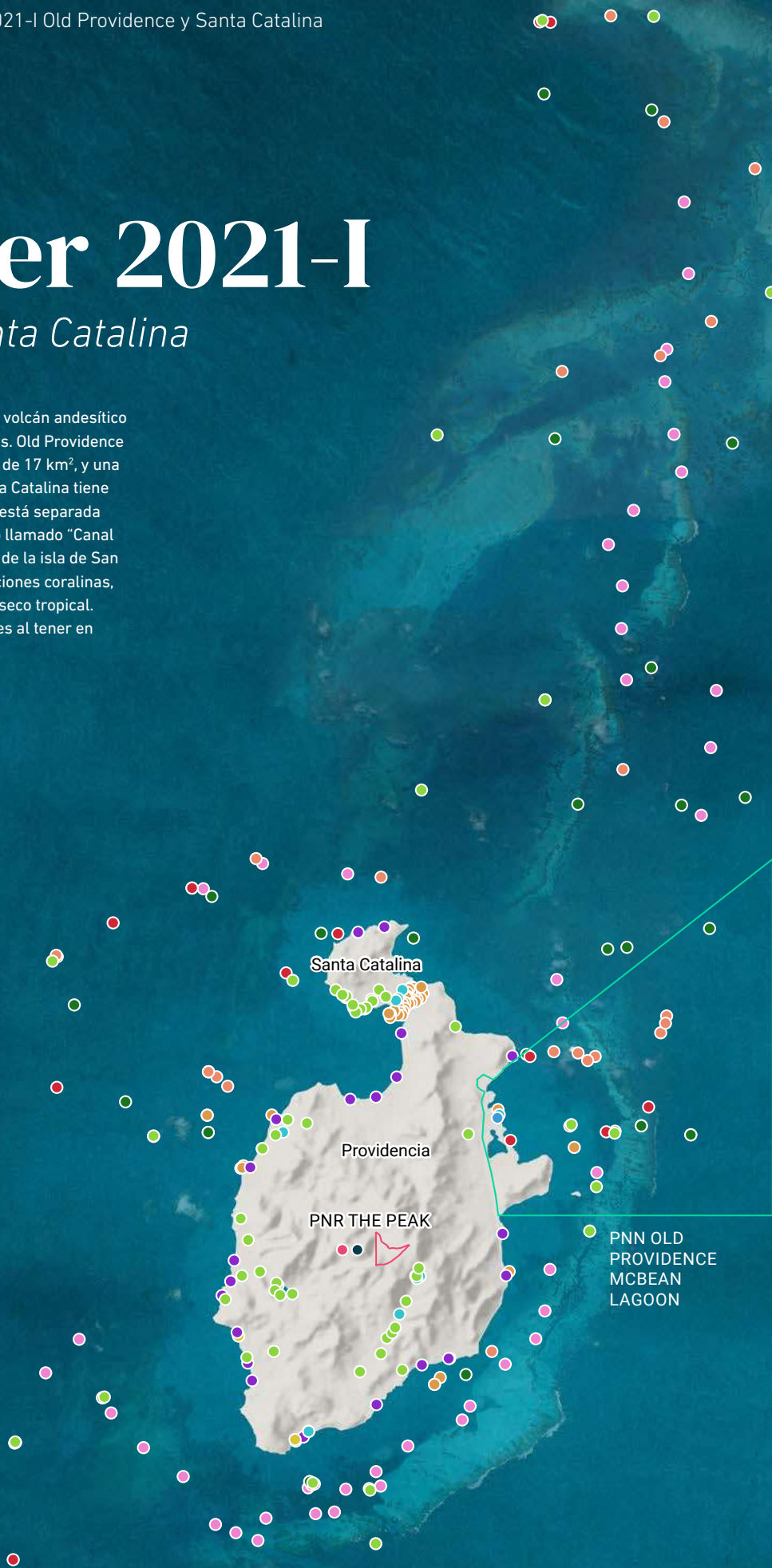
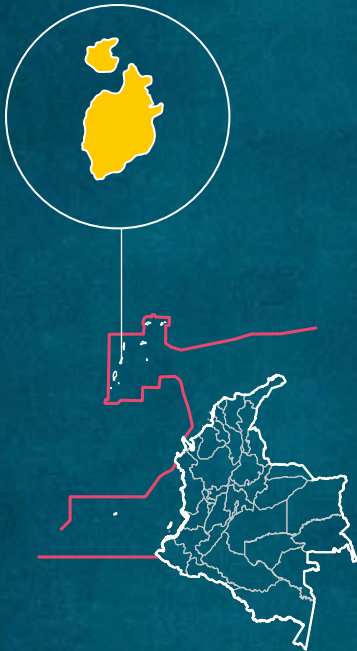
Pág. 48

Expedición Científica

Seaflower 2021-I

Old Providence y Santa Catalina

Old Providence y Santa Catalina hacen parte de un volcán andesítico extinto cuyo eje atraviesa el interior de las dos islas. Old Providence es un territorio poblado, tiene un área aproximada de 17 km², y una dimensión de 7 km de largo y 4 km de ancho. Santa Catalina tiene aproximadamente 1 km² de extensión territorial y está separada de Old Providence por un canal de 150 m de ancho llamado “Canal Aury”. Las islas están localizadas a 90 km al norte de la isla de San Andrés y cuentan con bosques de manglar, formaciones coralinas, pastos marinos y una pequeña porción de bosque seco tropical. Esta área se podría incrementar cerca de seis veces al tener en cuenta el complejo arrecifal circundante.



Proyectos de investigación

- Estructura y composición florística del bosque seco tropical
- Recuperación y monitoreo de las parcelas permanentes de manglar en el PNN Old Providence McBean Lagoon
- Evaluación y caracterización de las praderas de pastos marinos para la restauración ecológica
- Valoración de los servicios ecosistémicos y la diversidad biológica de los arrecifes de coral
- Fotomosaicos como instrumento para la conservación y restauración de arrecifes de coral
- Estrategias de involucramiento de las comunidades en la restauración coralina
- Integridad ecológica y biodiversidad de los ecosistemas arrecifales e insulares
- Diversidad y abundancia de tiburones, rayas y otros recursos pesqueros
- Laguna de manglar del PNN Old Providence McBean Lagoon y su relevancia para la ictiofauna
- Monitoreo y caracterización de playas de anidación de tortugas marinas
- Distribución, composición y origen potencial de basura marina
- Sistema de información geográfico de la Reserva de Biósfera Seaflower

- Parque Nacional Natural
- Parque Natural Regional

Tortuga carey
Eretmochelys imbricata



Presentación

Colombia es un país ampliamente reconocido en el mundo por su riqueza natural y cultural, así como por su extensa geografía, conformada por cinco regiones biogeográficas continentales que se funden con el océano Pacífico a lo largo de la costa occidental y con el océano Atlántico en su costa noreste a través del gran mar Caribe. Estas dos macrocuencas sostienen de forma directa a cerca del 39 % de la población colombiana (CCO, 2018).

Este patrimonio natural constituye un gran desafío ya que, para establecer estrategias que permitan el desarrollo económico y a su vez aseguren la preservación de los ecosistemas, es necesario estudiar y comprender el territorio en sus contextos económico, biológico, social y cultural. En consecuencia, el país ha logrado grandes avances para abordar la gestión integral del territorio marítimo mediante la consolidación de diversas políticas públicas tales como la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares (PNAOCI), la Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros (PNOEC) y, más recientemente, el CONPES 3990 «Colombia Potencia Bioceánica Sostenible 2030». También cabe destacar la formulación de los Intereses Marítimos Colombianos (IMC), un instrumento estratégico que sintetiza los ejes fundamentales de desarrollo de la nación para lograr «el océano que queremos», en consonancia con el Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

En virtud de lo anterior, la Comisión Colombiana del Océano (CCO) proyectó en el año 2014 el Plan Nacional de Expediciones Científicas Marinas (PNEC) como una estrategia para fortalecer la inte-

gridad y proyección territorial, el desarrollo económico, la gobernanza y el uso sostenible de los recursos, a través de la generación de conocimiento integral del territorio marino-costero de Colombia. Para esto, el PNEC se fundamenta en la implementación de un modelo de cooperación intersectorial que permite articular las capacidades institucionales a partir del encuentro misional de los sectores de defensa, ambiente, productivo, academia, privado y civil, entre otros.

Es fundamental destacar que, gracias a un exhaustivo análisis, se ha logrado determinar que a través de los diversos proyectos de investigación llevados a cabo en el marco del PNEC se ha generado información sumamente valiosa que contribuye al fortalecimiento de 10 de los 18 IMC. A su vez, este conocimiento tiene el potencial de aportar significativamente al logro del 52 % de las metas establecidas por la PNAOCI, así como al 28 % de las líneas de acción definidas por la PNOEC y el 24 % de las acciones planteadas por el CONPES 3990.

Estas cifras, por supuesto, tienen la posibilidad de aumentar de manera proporcional a la ejecución de las expediciones. De igual forma, la consolidación del enfoque de coordinación territorial del PNEC ha garantizado que las comunidades locales participen de forma directa en su desarrollo, reconociendo el valor y la importancia de su conocimiento tradicional y de sus autoridades territoriales. De esta forma se ha asegurado que estas comunidades se familiaricen y se beneficien de los proyectos de investigación llevados a cabo como herramientas para fortalecer sus procesos de gobernanza, gestión territorial y progreso socioeconómico.



Así las cosas, el presente boletín tiene como objetivo presentar de forma concisa los principales resultados de la **Expedición Científica Seaflower 2021-I Old Providence y Santa Catalina**. En este sentido, es menester reconocer el esfuerzo y el compromiso no solo de la CCO, sino de entidades como el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación a través de su programa «Colombia Bio», la Armada de Colombia, la Dirección General Marítima, Parques Nacionales Naturales, la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y la Universidad Nacional de Colombia, así como las diferentes instituciones de la CCO que conforman la Mesa Técnica Nacional Seaflower, quienes desde su profesionalismo y capacidades garantizaron el desarrollo exitoso de la octava expedición científica a la Reserva de Biósfera Seaflower.

También es importante destacar el trabajo realizado por los **36 investigadores**, quienes consolidaron los resultados finales y permitieron conformar este interesante documento de divulgación científica que, con el apoyo y decidido compromiso de la casa editorial Puntoaparte, permitirá la generación y difusión de nuevo conocimiento científico marino de nuestro país marítimo bioceánico.

Entendiendo que el mar no solo es un cuerpo de agua, sino también una fuente vital que proporciona empleo, sustento, energía, así como desarrollo económico y social, desde la Secretaría Ejecutiva de la CCO continuamos trabajando de manera coordinada con las diferentes entidades del Gobierno nacional, la comunidad académica y la población civil, con la firme convicción de seguir contribuyendo a la consolidación de Colombia como una potencia bioceánica en beneficio de todos los colombianos.

Capitán de Navío Juan Camilo Forero Hauzeur
Secretario Ejecutivo de la Comisión Colombiana del Océano

Resiliencia y recuperación de las islas de Old Providence y Santa Catalina



Durante el 2 y el 3 de noviembre de 2020, el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina fue golpeado por el huracán Eta de categoría 4, y días después, el 16 de noviembre, un segundo huracán, Iota, el más fuerte de la temporada del Atlántico en 2020 y el primero de categoría 5 en la escala Saffir-Simpson, azotó las islas. Este último alcanzó vientos de hasta 200 km/h y ráfagas de hasta 280 km/h, causando daños en todas las áreas del archipiélago, especialmente en las islas de Old Providence y Santa Catalina. Una semana después de este desastre, el Sistema Nacional Ambiental (SINA) adelantó la primera visita para evaluar los daños ambientales en las islas. En el primer reporte se documentaron impactos en el 90 % de las coberturas vegetales, 70 % de las coberturas de manglar y la totalidad de las playas, lo que afectó a diversos grupos biológicos (Humboldt, 2021). Por esta razón, y teniendo en cuenta la línea base que se generó en el marco de la Expedición Cientí-

fica Seaflower 2019 Old Providence y Santa Catalina (ECS 2019), surgió la iniciativa de desarrollar una segunda versión de la expedición Seaflower en estas islas.

La Expedición Científica Seaflower 2021-I Old Providence y Santa Catalina (ECS 2021-I) se llevó a cabo durante el 8 y 27 de julio de 2021 con el objetivo de evaluar de manera comparativa los impactos de los huracanes Eta e Iota y la capacidad de recuperación natural de los ecosistemas ante estos fenómenos naturales. Para ese fin, se utilizó como línea base la información generada en la ECS2019, así como el desarrollo de actividades aplicadas a la restauración de ecosistemas marinos y costeros. El esfuerzo y la dedicación de 25 instituciones del sector gobierno, académico, privado y civil permitió que 60 científicos, 29 sabedores tradicionales y 150 personas de la comunidad participaran en la evaluación de los impactos de estos desastres naturales en las islas.

De tal manera, se llevaron a cabo de forma exitosa 12 proyectos de investigación enfocados en el manejo y la restauración de ecosistemas estratégicos como arrecifes de coral, pastos marinos, manglares y el bosque seco tropical; el monitoreo de especies clave como peces de interés comercial, tiburones, tortugas marinas y aves; la evaluación de la contaminación marina por residuos sólidos; el desarrollo de actividades de educación y participación comunitaria; y la implementación de tecnologías de la información.

Se observó una notable resiliencia en la mayoría de los ecosistemas marinos y costeros, así como en las especies asociadas de las islas de Old Providence y Santa Catalina. Sin embargo, se destacó que aproximadamente el 23 % de la cobertura del bosque de manglar

mostró afectaciones significativas en su estructura y supervivencia. Entretanto, los arrecifes de coral y pastos marinos sufrieron impactos en el 10 % al 20 % de su cobertura. Igualmente, se registró un incremento en la bioerosión y la proliferación de macroalgas en los arrecifes de coral, así como una disminución en la cobertura viva y en la presencia de octocorales. Por otra parte, las especies responsables de la construcción del andamiaje del arrecife de coral presentaron volcamientos y, aunque no se detectaron daños significativos en la estructura de estos ecosistemas, las diversas perturbaciones identi-

ficadas generan una alta vulnerabilidad para estos y su biodiversidad.

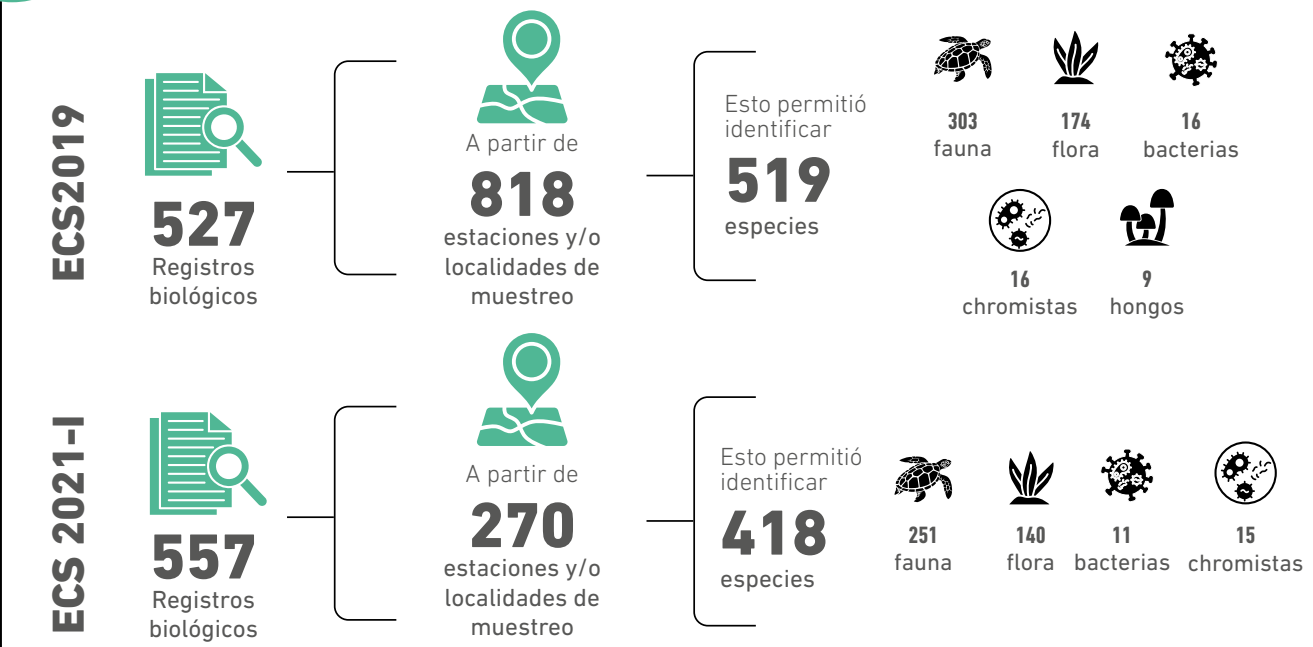
En la expedición no se evidenció mayor afectación en los peces óseos, tiburones y aves. En cuanto a las tortugas marinas, si bien no se observó un impacto directo en sus poblaciones, sí se identificaron riesgos, como la reducción de arena en las playas y el cambio en el perfil de estas, lo que puede afectar el óptimo desarrollo de los nidos de estas especies presentes en las islas. Además, se continuó con las actividades de restauración de corales iniciadas en la ECS2019, complementándose con talleres comunitarios sobre la restauración coralina. Por último, se

observó un aumento significativo en la presencia de residuos sólidos a causa de la destrucción de la infraestructura de las islas.

En últimas, este esfuerzo mancomunado sin precedentes permitió comprender los impactos socioecosistémicos de los huracanes Eta e Iota en las islas de Old Providence y Santa Catalina, y la capacidad de recuperación natural de los ecosistemas ante estos fenómenos naturales. Asimismo, la expedición permitió contribuir con la toma de decisiones y las acciones de restauración, rehabilitación y recuperación de los ecosistemas marinos y costeros de las islas.



Biodiversidad antes y después de los huracanes Eta e Iota



Adicionalmente, se registraron 26 nuevas especies para el archipiélago, de las cuales una es endémica de las islas. De tal manera, aunque hubo un incremento en el número de registros biológicos y en el registro de nuevas especies, se reportaron 101 especies menos en las islas de Old Providence y Santa Catalina después del paso de los huracanes Eta e Iota.



Biodiversidad antes y después de los huracanes Eta e Iota

Estos registros biológicos fueron caracterizados de acuerdo con las categorías de conservación de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por su sigla en inglés) (figuras 1 y 2) y fueron publicados en el Sistema de Información Biológica de Colombia.

Figura 1. Caracterización del estado de conservación de las especies registradas en las ECS 2019 y 2021-I a partir de las categorías de la lista roja de la IUCN

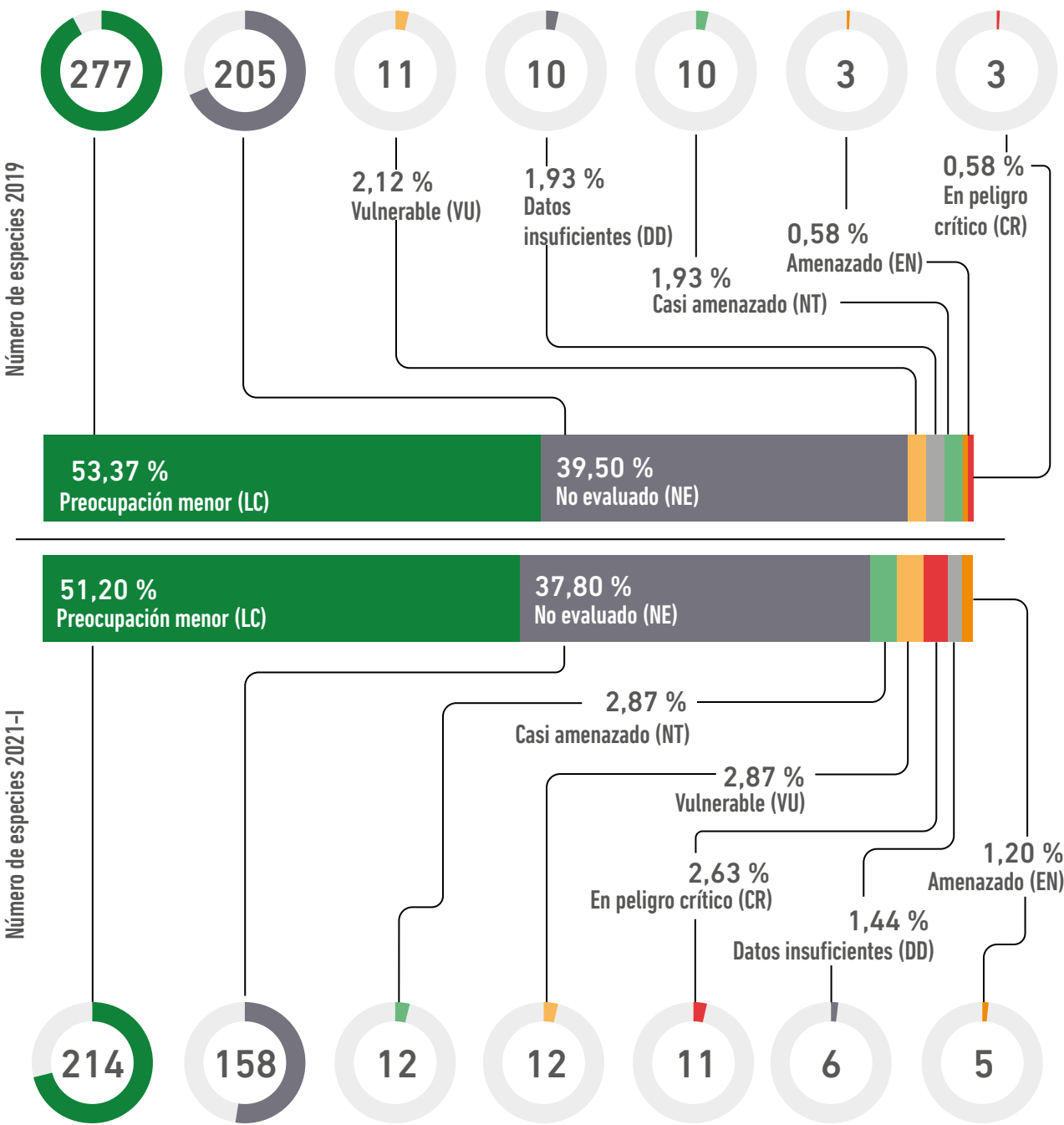
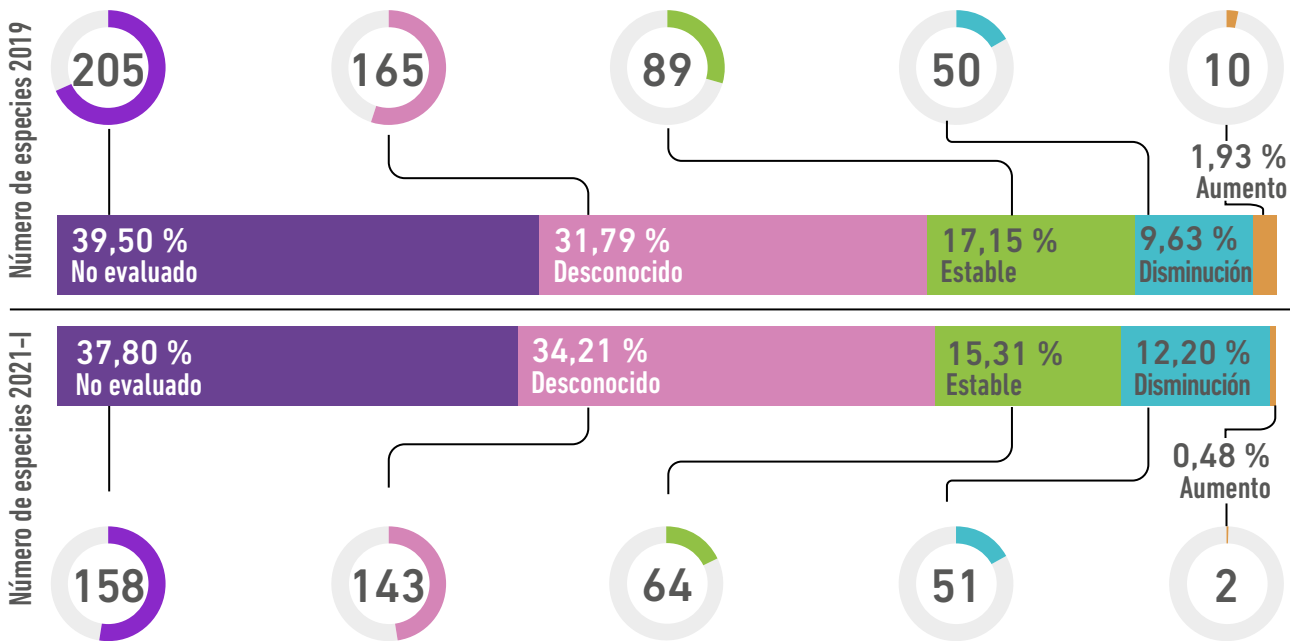


Figura 2. Tendencia poblacional de las especies registradas en las ECS 2019 y 2021-I a partir de las categorías de la lista roja de la IUCN



Calidad ambiental

Se analizó la contaminación por residuos sólidos en el bosque de manglar, la vegetación de playa y los arrecifes de coral mediante el monitoreo de 22 estaciones de muestreo que abarcaron toda la circunferencia de las islas de Old Providence y Santa Catalina. De esta forma se caracterizó la cantidad de basura marina antes y después del paso de los huracanes Eta e Iota.



Tecnologías de la información

De forma transversal a los proyectos, se realizó un acompañamiento técnico previo, durante y posterior al desarrollo de la expedición, con el propósito de fortalecer los esfuerzos de investigación a través de las herramientas de los sistemas de información geográfica. Con los datos suministrados y consolidados durante la fase de campo, se creó un micrositio web en donde se publicaron los datos geospaciales con el fin de contribuir con el acceso abierto y equitativo a la información científica.

Estructura y composición florística del bosque seco tropical

Gloria Andrea Murcia, Boris Villanueva Tamayo, Jairo Medina Calderón
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés,
Providencia y Santa Catalina – Jardín Botánico de la Universidad Nacional de
Colombia, Sede Caribe – Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Bosque seco tropical de Old Providence y Santa Catalina

El bosque seco tropical es uno de los ecosistemas más importantes en Colombia ya que posee una alta biodiversidad única de plantas y animales que se han adaptado a condiciones de estrés hídrico, por lo cual presenta altos niveles de endemismo (Pizano y García, 2014). Además de su relevancia ecosistémica, cuenta con características de valor económico para la agricultura, por lo que actualmente es uno de los ecosistemas más afectados (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [IAVH], 2022). En Colombia se conserva un 4 % de la cobertura original de bosque seco tropical y un 5 % de remanentes intervenidos para la producción agrícola y ganadera, la minería, el desarrollo urbano y el

turismo (Pizano y García, 2014). Las islas de Old Providence y Santa Catalina tienen un bosque seco tropical con características diferentes a las del resto de Colombia por su condición de islas oceánicas y su ubicación geográfica. Este ecosistema es rico en especies en buen estado de conservación, por lo que se puede considerar como un banco genético *in situ* de especies que alguna vez poblaron las islas del Caribe (Morales, 2005). A la fecha del presente estudio se han registrado 105 especies de flora vascular terrestre en las islas de Old Providence y Santa Catalina, de las cuales aproximadamente el 10 % son nuevos registros para el archipiélago y al menos uno es un nuevo registro para Colombia. De

esta manera, el bosque seco tropical estudiado, esta constituido por 32 especies agrupadas en 30 géneros, 17 familias y 11 órdenes. El grupo taxonómico mejor representado es Magnoliopsida, con 31 especies (96,9 %), mientras que Liliopsida tiene una menor representación, con una sola especie (3,1 %).



▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto

Evaluación antes y después de los huracanes Eta e Iota

El archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina está ubicado en el cinturón de huracanes del gran Caribe, por lo que este territorio presenta susceptibilidad a eventos climáticos extremos como los huracanes Eta e Iota del año 2020. Después del paso de estos dos fenómenos, se realizaron evaluaciones sobre el daño de las características estructurales del bosque seco tropical para determinar los cambios en su estructura y composición, con el fin de diseñar estrategias de manejo y conservación del ecosistema.

Se realizaron comparaciones con información previa y posterior al paso de los huracanes Eta e Iota. En ese sentido, la instalación de una parcela permanente en el año 2019 en el área de influencia del Parque Natural Regional (PNR) The Peak y su posterior monitoreo proporcionó información valiosa para cuantificar el daño y diseñar estrategias para la recuperación del bosque seco tropical de las islas. Esta parcela cuenta con un área de 50 × 50 m y está dividida en 25 subparcelas, donde se registraron el diámetro de los árboles, la altura total y el estado de la vegetación. Estos datos permitieron identificar la diversidad, la densidad, la frecuencia y la dominancia de los organismos del bosque.



Impactos después del huracán

Posterior al paso de los huracanes, cerca del 35 % de los 554 individuos previamente registrados (2019) en la parcela permanente del bosque seco tropical, sobrevivieron. En comparación con la riqueza taxonómica registrada en el año 2019, se registró un orden menos (11) en 2021 debido a que la especie *Bourreria succulenta* de la familia Ehretiaceae no sobrevivió dentro de la parcela. Las especies *Croton* sp., *Mouriri myrtilloides*, *Myrcia* sp. y *Pimenta dioica* fueron las más afectadas, con un mayor número de individuos muertos.

El bosque seco tropical es un importante sumidero de carbono. Debido a la caída de árboles, algunos de los cuales desaparecieron completamente de la parcela, se presentó una pérdida de carbono, lo cual a mayor escala tiene implicaciones directas en el ciclo de dicho elemento en los bosques de borde, así como en los pastos marinos y arrecifes de coral, debido a la considerable cantidad de carbono que eventualmente retorna al ambiente.

Participación comunitaria en el monitoreo posterior a los huracanes

Según los reportes del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), el archipiélago está ubicado en el cinturón de huracanes del Caribe, por lo tanto, este territorio presenta susceptibilidad a fenómenos climáticos de gran impacto. El paso de los huracanes Eta e Iota por las islas de Old Providence y Santa Catalina tuvo un impacto significativo en la estructura y composición de la vegetación de la parcela permanente del área de influencia del PNR The Peak, y se observó una tasa de mortalidad del 65,9 % en comparación con todos los individuos originalmente presentes en la parcela.

Para promover el seguimiento del estado de este ecosistema, se capacitó a personas de la comunidad, la Armada Nacional de Colombia y Coralina en el montaje

y muestreo de las parcelas permanentes, con el fin de proveer las herramientas para continuar el monitoreo. Además, se identificó que las especies *Ficus trigonata*, *Metopium brownei*, *Randia armata*, *Xylopia* sp., *Eugenia acapulcensis*, *Krugiodendron ferreum*, *Cedrela odorata*, *Coccothrinax jamaicensis* y *Acoelorrhaphe wrightii* se pueden utilizar en los procesos de restauración ecológica en las áreas afectadas por los huracanes debido a su resistencia a eventos climáticos y a su alto valor ecológico.

En conjunto, estas acciones no solo facilitan la restauración ecológica de este vital ecosistema, sino que también permiten a la comunidad llevar a cabo un monitoreo continuo, asegurando así un futuro más resiliente frente a los fenómenos climáticos de gran impacto.



Recuperación y monitoreo de las parcelas permanentes de manglar en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon

Marcela Cano Correa
Exjefe Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon

Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon

El Parque Nacional Natural (PNN) Old Providence McBean Lagoon fue declarado en 1995 como un área protegida del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Esta zona está inmersa en el Área de Manejo Especial del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina desde 1996 y en la Reserva de Biósfera Seaflower desde el 2000.

El PNN está conformado por una pequeña colina conocida como Iron Wood Hill, una planicie donde se desarrolla el manglar de McBean, e incluye una porción marina con pastos marinos, formaciones coralinas y fondos arenosos (Parques Nacionales Naturales, 2024). Se encuentra ubicado en la porción nororiental de la isla de Old Providence, entre Maracaibo Hill y Smith Bay. El área cuenta con una extensión aproximada de 1615 ha, de las cuales 90 ha corresponden al área terrestre, y 1525 ha, al área marina. Tiene la superficie de manglar más extensa y mejor protegida de las islas de Old Providence y Santa Catalina.



▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto



Restauración ecológica del manglar

El bosque de manglar se encuentra en la parte baja de la microcuenca de McBean, con una extensión aproximada de 40,7 ha, que representa el 52,4 % de la cobertura vegetal de manglar de las islas de Old Providence y Santa Catalina. Una pequeña porción de manglares se encuentra en la parte baja de la microcuenca de Bailey, al costado suroeste de Iron Wood Hill. El ecosistema de manglar del PNN Old Providence McBean Lagoon está compuesto principalmente de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), que se desarrolla a lo largo de todo el litoral y bordeando la laguna de Oyster Creek, y de mangle negro (*Avicennia germinans*), ubicado de-

trás del mangle rojo. Las especies de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) se encuentran en parches aislados en pequeñas proporciones (Parques Nacionales Naturales, 2021). En el año 2021 se implementó un proyecto de restauración del manglar en el PNN Old Providence McBean Lagoon con el objetivo de recuperar este ecosistema y las parcelas permanentes de monitoreo, altamente afectadas por el paso del huracán Iota. Se construyó

un vivero destinado al cuidado y el crecimiento de propágulos y plántulas de manglar en la zona de Maracaibo, cerca del manglar de McBean. Se realizaron tareas de limpieza y preparación de las áreas destinadas a la restauración, seguidas de la siembra de 1994 propágulos de mangle rojo, 41 plántulas de mangle negro y 5 plántulas de mangle blanco. En total, se lograron producir 2574 plántulas de manglar de diferentes especies (Figura 2.1).



Figura 2.1. (a) Vivero de manglar en Old Providence, (b) Parcelas de manglar de recuperación y monitoreo en el PNN Old Providence McBean Lagoon, (c) Propágulos de mangle rojo y (d) Trasplante mangle rojo

A. Vivero de manglar en Old Providence



B. Parcelas de manglar en recuperación en el PNN Old Providence McBean Lagoon



C. Propágulos de mangle rojo



D. Trasplante mangle rojo



Debido al grave deterioro de este ecosistema, especialmente de la especie de mangle rojo, se inició el proceso de restauración, abarcando una extensión de 21,78 ha de manglar distribuidas en 10 parcelas. En estas áreas se llevaron a cabo diversas actividades como trasplantes y dispersión de regeneración natural, aclimatación de plántulas, despeje de parcelas, limpieza de afluentes, recolección de residuos sólidos y siembra. También se realizaron tareas de limpieza de caminos de acceso, remoción de escombros dejados por los huracanes, recolección de residuos sólidos arrastrados por las corrientes, y limpieza y apertura de arroyos que drenan hacia el manglar, incluyendo los canales de conexión con el mar, para prepararlos para la siembra. En total, se sembraron y trasplantaron 3369 plántulas, todas debidamente georreferenciadas.

Durante los muestreos se encontraron 8 de las 10 parcelas permanentes de monitoreo que existían antes del huracán Iota en el PNN Old Providence McBean Lagoon. Además, se desarrolló un protocolo para monitorear la restauración del manglar, el cual comenzó en julio de 2022.

Desafíos en el proceso de restauración

Durante el proceso de restauración ecológica se enfrentaron varios desafíos, como la herbivoría en las plántulas recién sembradas, cambios en las condiciones físico-químicas del suelo, mareas altas, la llegada masiva de sargazo, amarillamiento de hojas debido a la falta de nitrógeno, plagas como la cochinilla, escasez de propágulos en la isla, falta de estudios genéticos para determinar la viabilidad de importar propágulos del Caribe continental colombiano, y limitaciones de personal para alcanzar los objetivos establecidos. Sin embargo, se encontraron soluciones para superar estos obstáculos y se mejoraron los procesos para aumentar la supervivencia de las plántulas de mangle.

Lecciones aprendidas y consideraciones a largo plazo

Es esencial tener información de línea base para todas las etapas de recuperación de un ecosistema, especialmente en entornos con alta degradación. De tal manera, es necesario un seguimiento continuo para evaluar el éxito de la restauración. Asimismo, debido a la naturaleza a largo plazo de estos procesos, se necesita una planificación metódica con recursos garantizados. La cooperación entre instituciones y la participación comunitaria son clave, destacando la importancia de la educación ambiental, sobre todo en escuelas locales. La divulgación de resultados y la participación comunitaria en la investigación son prioritarias para construir capacidad local en las islas de Old Providence y Santa Catalina.

Evaluación y caracterización de praderas de pastos marinos para la restauración ecológica

Diana Isabel Gómez López, Andrés Felipe Acosta Chaparro, Elizabeth Galeano y Jenny Alexandra Rodríguez Rodríguez
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés

Las tormentas y los huracanes son unas de las principales causas de estrés natural en los ecosistemas marinos y costeros (Simmons *et al.*, 2021). Los efectos de los huracanes en los pastos marinos no han sido ampliamente estudiados, pero estos pueden afectar sus funciones de diferentes formas: incremento en la turbidez del agua por los fuertes vientos y oleaje, redistribución de los sedimentos de la columna de agua y cambios en la calidad y el tipo de sustrato, que llevan, en conjunto, a la pérdida de cobertura tanto de hojas como de rizomas, así como a enterramientos totales o parciales, entre otros (Michot *et al.*, 2002; Simmons *et al.*, 2021).

El paso de los huracanes Eta e Iota por las islas de Old Providence y Santa Catalina causó serias perturbaciones. Del 10 % al 20 % de estas alteraciones fue para los ecosistemas de arrecifes de coral y pastos marinos, mientras que el bosque de manglar sufrió un impacto del 23,1 %, según datos del Invermar del 2021. Dadas estas afectaciones en los ecosistemas, se generaron insumos de línea base para el diseño de acciones de restauración de las praderas de pastos marinos afectadas por el paso de los huracanes. Así, se realizó la caracterización biológica y física de las praderas impactadas y de otras praderas de referencia, potenciales donantes de material vegetal.



▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto

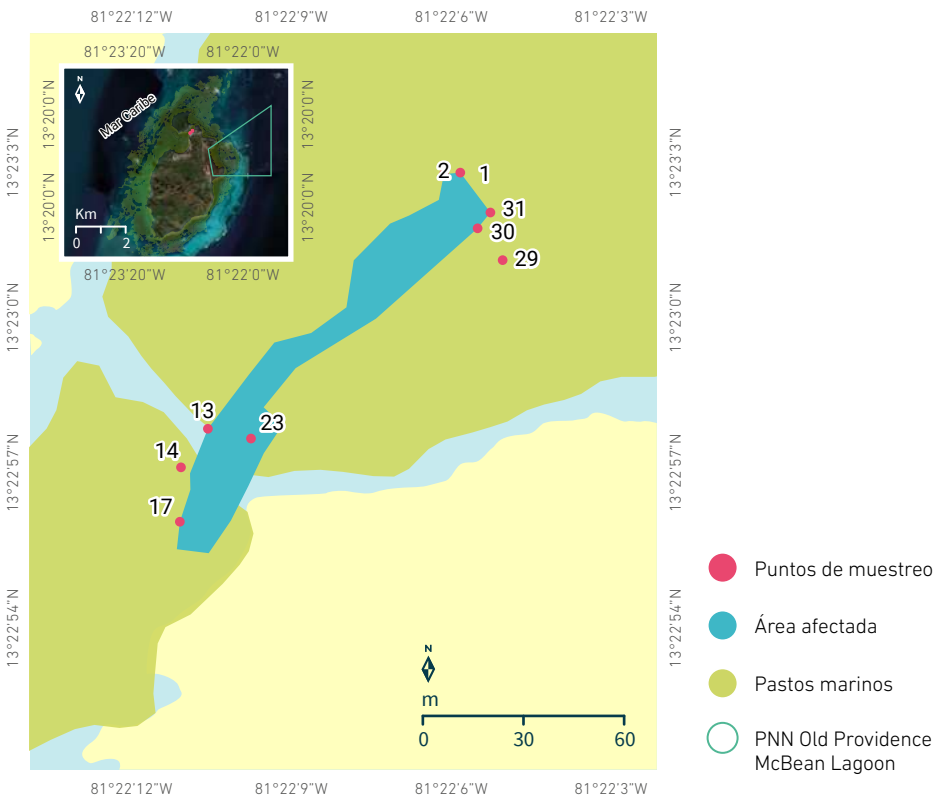
Se identificaron dos zonas con praderas de pastos marinos impactadas y con necesidades de restauración. La primera pradera se encuentra entre Old Providence y Santa Catalina, en un área que fue afectada por el encallamiento y posterior arrastre de la embarcación M/N Smart debido a los vientos y corrientes marinas generadas por los huracanes. La

pradera perdió aproximadamente 0,73 ha de cobertura, dejando una cicatriz de entre 50 cm y 1 m de profundidad. Esta zona quedó desprovista de pastos marinos, algas y fauna asociada, dejando a su vez un cúmulo de arena que cambió los canales de navegación en la zona (**Figura 3.1**). La segunda pradera está localizada frente al barrio San Felipe, esta fue directamente afectada por las corrientes y el fuerte oleaje. El impacto incluyó el desgarrar y rompimiento de hojas, raíces y rizomas de los pastos marinos, lo que resultó en un suelo desprovisto de cobertura vegetal y fragmentación.

Caracterización física

Para identificar el potencial de una población donante para la restauración de pastos marinos, se debe tener en cuenta la similitud en las condiciones ambientales, físicas y biológicas entre las praderas donantes y el lugar donde se realizará el trasplante. Con ese fin se tomaron muestras de sedimentos en siete sitios, incluyendo las praderas afectadas, así como las praderas que se consideraron posibles donantes. En el caso específico de la pradera afectada por la embarcación Smart, se tomaron muestras en el banco de arena resultante, en la cicatriz del arrastre y en la pradera adyacente.

▼ **Figura 3.1.** Localización y delimitación del área afectada por la embarcación Smart Sector San Felipe



Se recolectaron diez muestras, las cuales fueron sometidas a análisis granulométricos para evaluar la distribución de los tamaños de partículas en los sedimentos, y además se registraron las variables físico-químicas en la columna de agua: pH, conductividad y temperatura. También se instalaron dos *data logger* tipo HOBO en praderas ubicadas en zonas opuestas de la isla; específicamente, en el PNN McBean Lagoon y San Felipe. Los HOBOS son dispositivos de registro de datos que, en este caso, se utilizaron para medir continuamente la temperatura durante los días de muestreo.

Caracterización biológica

Se seleccionaron tres praderas (PNN McBean Lagoon, The Bar y Smooth Water) para evaluar su idoneidad como posibles praderas donantes para trasplantes en las zonas afectadas con base en la composición y estructura, capacidad reproductiva y regeneración natural. Igualmente, se tomaron datos de la profundidad, condiciones de sedimentos, temperatura y salinidad en cada pradera. Las praderas del PNN McBean, Camp y McBean-Coralina fueron evaluadas como potenciales praderas donantes utilizando la información de monitoreos previos por el Invermar y Coralina.

Los datos se registraron por medio de cuadrantes. Así se determinó el total de los vástagos, el número

de vástagos con estructuras reproductivas, el alto y el ancho de las hojas y la presencia de invertebrados y macroalgas, además de la presencia/ausencia del hongo *Labyrinthula* sp. Adicionalmente, se anotó la presencia de elementos de oportunidad como vástagos sueltos, frutos, semillas y plántulas, así como posibles fuentes de presión antrópica y/o natural (basura, paso de embarcaciones, evidencia de anclas, etc.).

Este enfoque detallado en la caracterización de praderas donantes proporciona información esencial para la identificación de áreas para la restauración ecológica y garantiza la consideración de factores clave en la selección de praderas donantes.

Sedimentos de las praderas de pastos marinos

El arrastre de la embarcación Smart provocó un cambio en la composición del tipo de grano, con una mayor presencia de arenas finas y muy finas. Las praderas de PNN McBean, Camp y San Felipe tuvieron una mayor presencia de arenas gruesas y una representación equilibrada de todos los tamaños de grano. Esto sugiere zonas con menor erosión y sedimentos más consolidados, donde las raíces de los pastos marinos están mejor desarrolladas. La presencia de arenas gruesas en las áreas con sedimento más consolidado concuerda con una mayor

densidad de vástagos tanto para *Thalassia testudinum* como para *Syringodium filiforme*. Esto resalta la correlación entre la composición granulométrica del sedimento y la salud de las praderas de pastos marinos.

Estos hallazgos sugieren que las praderas de pastos marinos no solo desempeñan un papel ecológico crucial, sino que también estabilizan el fondo marino, previniendo la erosión costera y, por ende, son elementos esenciales para la conservación de los ecosistemas marinos y costeros.



▶ Pasto de manatí
Syringodium filiforme

Estado de salud de las praderas pastos marinos

Los pastos marinos de Old Providence y Santa Catalina se caracterizan por ser praderas mixtas de *T. testudinum* y *S. filiforme*. Se registró una menor densidad de vástagos de *T. testudinum* en San Felipe en la zona que no fue fuertemente impactada por lota, mientras que en PNN McBean se observó una mayor densidad (Figura 3.2). En San Felipe se halló una menor densidad de vástagos de *S. filiforme*, mientras que en McBean-Coralina se obtuvo una densidad mayor. También se encontraron flores y frutos de *T. testudinum* en las praderas de PNN McBean, Smooth Water y Santa Catalina, y flores de *S. filiforme* en la pradera no afectada por la embarcación Smart.

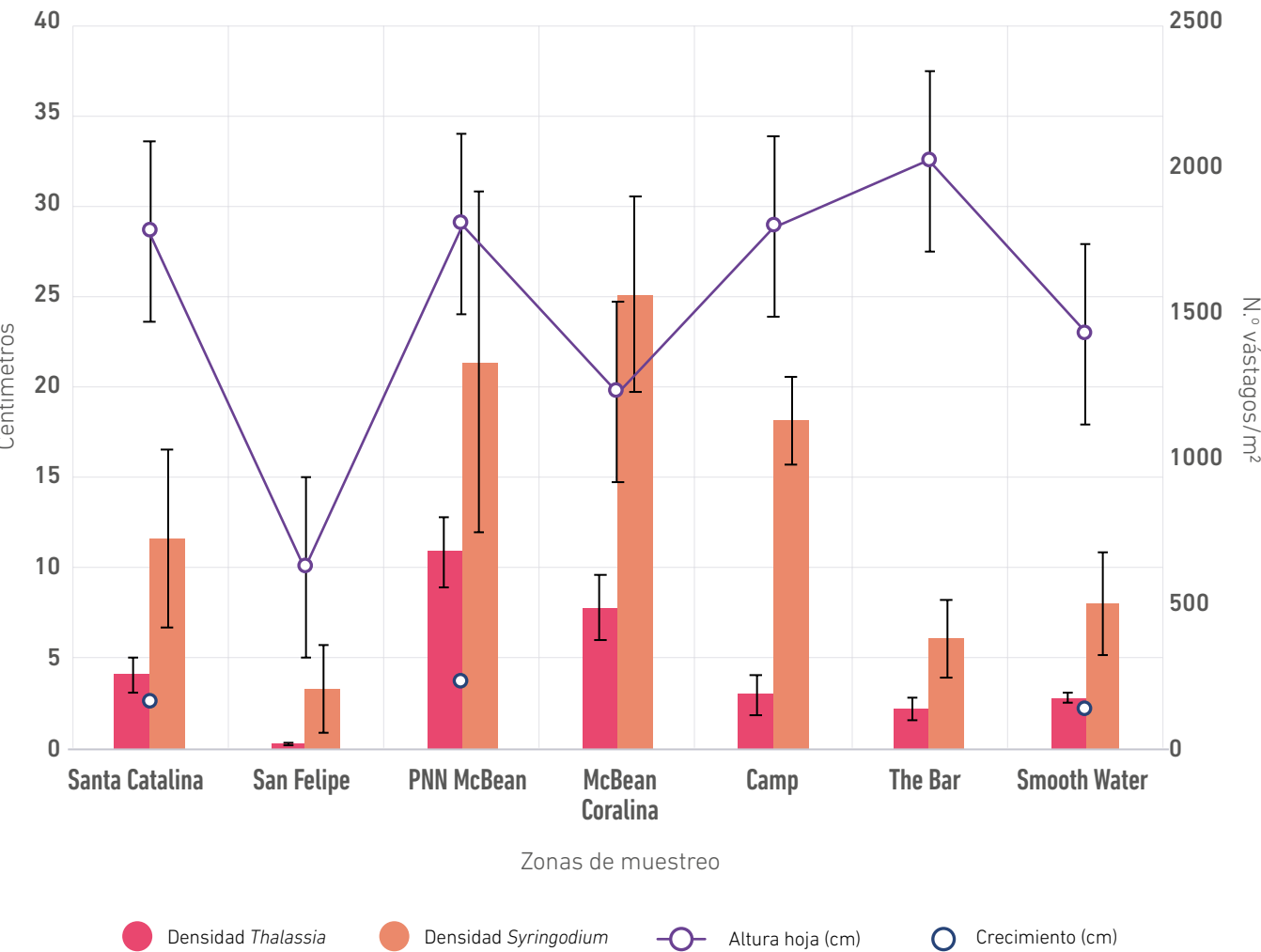
Las praderas de PNN McBean, McBean-Coralina y Santa Catalina muestran un mejor desarrollo estructural y mayor composición de *T. testudinum*. Las praderas de Camp y Smooth Water, entretanto, tienen densidades categorizadas como «buenas», mientras que The Bar muestra un estado regular. La pradera de San Felipe se encuentra en un estado «No deseable».

Praderas afectadas por los huracanes

Las praderas de pastos marinos más afectadas por el paso de los huracanes Eta e Iota fueron Santa Catalina y San Felipe, y el daño causado por el arrastre de la embarcación Smart se consideró como uno de los más severos sobre el ecosistema. Se identificó que la principal perturbación en la pradera es el constante tránsito marítimo debido a su ubicación en el canal entre las islas de Santa Catalina y Old Providence. Este fenómeno, junto con otros factores como el viento, el oleaje y las corrientes, desestabilizó el sustrato y aumentó los daños causados inicialmente, generando erosión de los bordes y el reclutamiento de semillas y plántulas en la zona afectada. Adicionalmente, la gran cantidad de escombros presentes en el área fragmentaron aún más los parches de vegetación de la pradera.

En el caso de San Felipe, se documentó una pérdida de más del 50 % de los vástagos de *T. testudinum*, de acuerdo con la información del monitoreo de la estación establecida por el Invermar y Coralina en el año 2016. Es probable que la pradera de San Felipe se haya encontrado bajo condiciones de estrés antrópico por su proximidad a una zona costera residencial, con mal manejo de residuos y lixiviados, lo cual resulta en cambios en la calidad del agua y la estructura de la pradera.

Figura 3.2. Densidad de vástagos (n.º de vástagos/m²), altura de la hoja (cm) y crecimiento foliar (cm)



Praderas donantes para la restauración

De las cinco praderas estudiadas, cuatro poseen buenas características estructurales y se encuentran en buen estado de salud, por lo que pueden ser consideradas como praderas donantes para la restauración ecológica: McBean-Coralina, PNN McBean, Smooth Water y Camp. Además, la pradera de Santa Catalina puede ser considerada, aunque es necesario realizar segui-

miento del impacto causado por la embarcación Smart ya que la recuperación de la parcela puede verse afectada por la actividad marítima en la zona. La presencia de estructuras reproductivas en tres praderas de pastos marinos evidenció que existe reproducción sexual entre las poblaciones, lo que garantiza variabilidad genética en la restauración y permite la adaptación a cambios ambientales. Asimismo, es preciso

evaluar y establecer la infraestructura física y técnica necesaria para la restauración activa, incluyendo la preparación de fragmentos de oportunidad o frutos para su reubicación. De igual manera, se debe asegurar la adecuación de las condiciones del sitio de trasplante con las praderas donantes, a la vez que se pueden implementar la rehabilitación del suelo y otras estrategias para promover la recuperación de las áreas impactadas por los huracanes Eta e Iota.

Valoración de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad de los arrecifes de coral

Julián Prato Valderrama, Adriana Santos Martínez, Brigitte Gavio, Diana Castaño, Alfredo Abril Howard, Violeta Posada Riaño, Arnold Hudson, Pablo Ureña Ianini
Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe y Sede Bogotá

Importancia de los arrecifes de coral

Los arrecifes coralinos de la Reserva de Biósfera Seaflower cumplen un papel fundamental para el bienestar y la economía de los habitantes del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y protegen las zonas emergidas del fuerte oleaje, permitiendo la existencia misma de islas, cayos y otros ecosistemas como los pastos marinos, las playas y dunas de arena. Si bien los servicios ecosistémicos que proveen estas formaciones son reconocidos por su importancia para la biodiversidad y el bienestar humano, en territorios insulares como el archipiélago resultan esenciales para la supervivencia, la seguridad alimentaria y la protección

de la vida humana, así como la infraestructura, la economía y el bienestar de las poblaciones que lo habitan.

La complejidad estructural tridimensional de los arrecifes de coral provee el servicio ecosistémico de refugio de biodiversidad, en el cual se ha observado que, a mejor estado de salud de los arrecifes mayor complejidad estructural, que proporciona mayor cantidad y diversidad de refugios, lo cual está relacionado directamente con el aumento en la abundancia, diversidad y biomasa de peces y otros organismos arrecifales.

¿Cómo se evalúan los servicios ecosistémicos?

El servicio ecosistémico de refugio de biodiversidad que aportan los arrecifes de coral se estimó evaluando las características de la comunidad de peces. Se llevaron a cabo censos visuales para contabilizar la cantidad de peces (abundancia), las especies presentes (riqueza) y los rangos de tamaños y cantidad de individuos por cada especie (biomasa). Se realizaron análisis de la biodiversidad, abundancia y biomasa de peces, y se determinó su relación con la complejidad topográfica. Igualmente, se observaron los posibles cambios en la composición de especies de bentos, en especial de corales, antes y después del paso de los huracanes.

Además de proporcionar refugio para peces y otros animales, los arrecifes aportan superficies

de distintas características que permiten el establecimiento y el desarrollo de otros organismos como las algas, las cuales son fundamentales para la biodiversidad de la Reserva de Biósfera Seaflower, y además pueden producir compuestos químicos útiles para la industria, la medicina y la nutrición. En este sentido, se realizaron colectas de macroalgas en cada una de las estaciones para determinar la diversidad de estas y así contribuir al conocimiento del servicio ecosistémico de refugio de biodiversidad en las islas.

Los arrecifes de coral aportan otros servicios ecosistémicos clave para las islas y cayos de la RB Seaflower, como el de protección costera, gracias a sus formaciones tridimensionales que generan «barreras» o «muros» naturales sumergidos a diferentes profundidades que disminuyen la fuerza del oleaje y las corrientes que im-

pactan las costas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Esta función es más notoria y efectiva en los arrecifes de coral someros. Además, existe otra formación arrecifal bastante peculiar en Old Providence y Santa Catalina, que se conoce como «pináculos»: un conjunto de montículos separados entre sí que abarcan numerosas hectáreas al costado noreste de Providencia y este de Santa Catalina y que también aportan a la atenuación del oleaje.

La evaluación del servicio ecosistémico de protección costera se realizó instalando sensores de presión (oleómetros) que registraron los cambios en la altura de la ola. Esta información permitió determinar el papel del arrecife de coral como una barrera natural que puede disminuir la altura y la fuerza del oleaje incluso en eventos extremos como los huracanes, protegiendo las costas y su población.



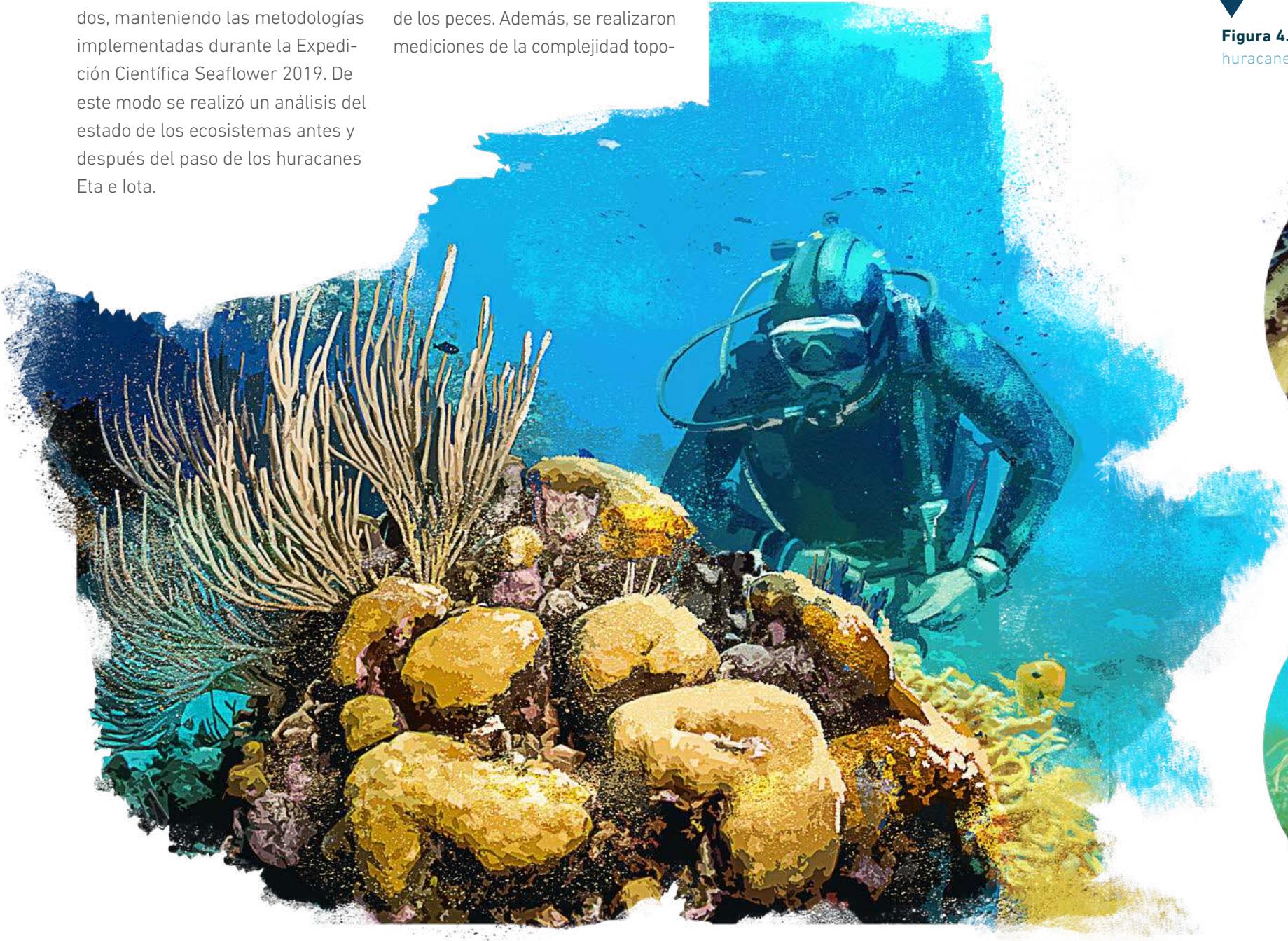
▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto

Metodologías estandarizadas

Con el objetivo de visibilizar los beneficios que proveen los arrecifes de coral de las islas de Old Providence y Santa Catalina al bienestar, la biodiversidad, el territorio y la economía de los colombianos, se realizaron muestreos estandarizados, manteniendo las metodologías implementadas durante la Expedición Científica Seaflower 2019. De este modo se realizó un análisis del estado de los ecosistemas antes y después del paso de los huracanes Eta e Iota.

Se visitaron 21 de las 26 estaciones muestreadas en 2019, donde se instalaron oleómetros para calcular la atenuación del oleaje, se realizaron censos visuales de peces en cada estación, y se censaron de manera cuantitativa los individuos por especie divididos en transectos de banda de 50 m x 2 m, se determinaron la abundancia, la riqueza y el tamaño de los peces. Además, se realizaron mediciones de la complejidad topo-

gráfica en las mismas estaciones para evaluar la relación entre la complejidad estructural, la abundancia, la densidad, la biomasa y la diversidad de especies con miras a establecer el servicio de refugio que aportan los arrecifes de coral de Old Providence y Santa Catalina.



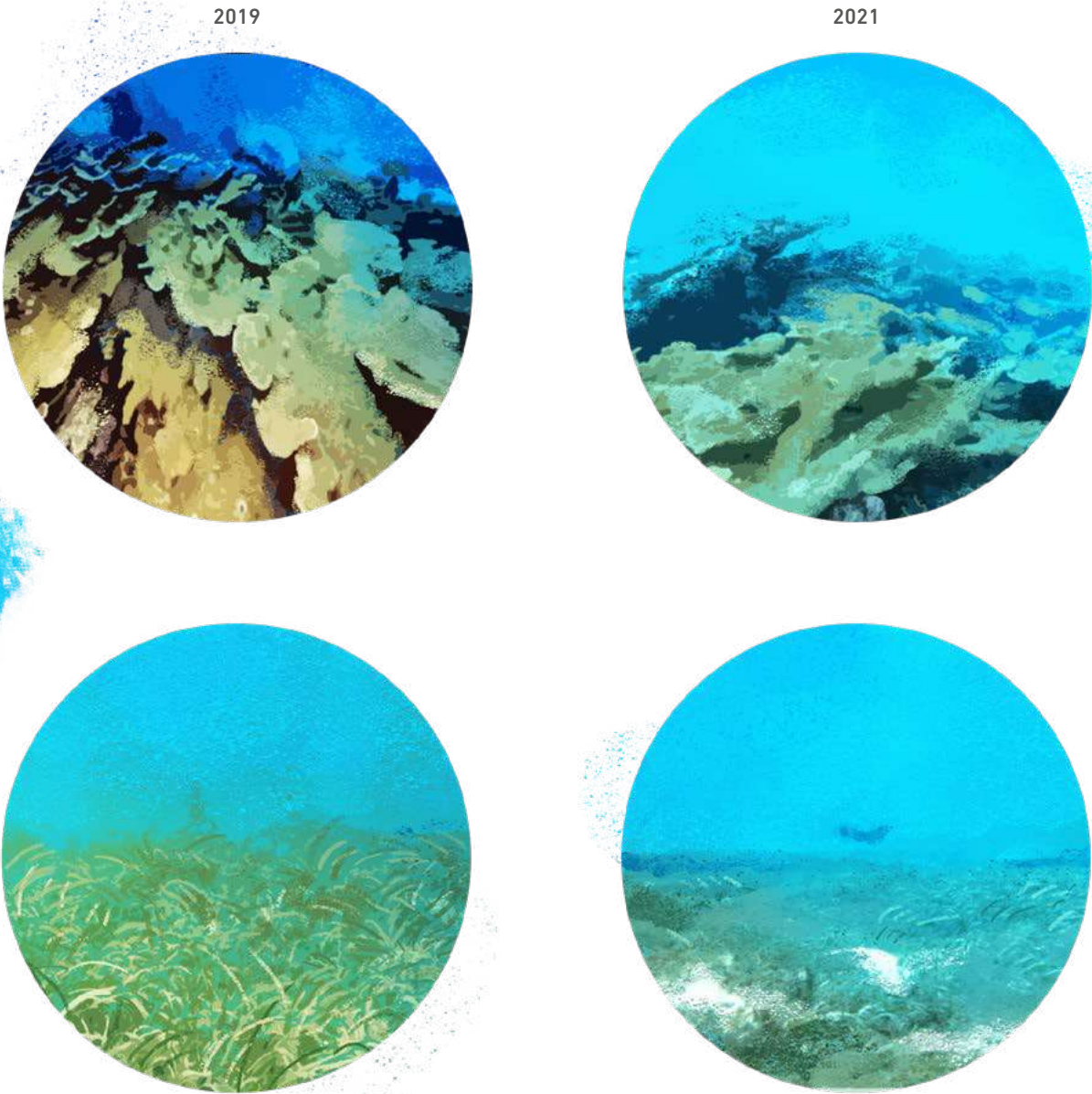
Impacto de los huracanes Eta e Iota

Los huracanes Eta e Iota generaron afectaciones principalmente en los ecosistemas someros, en arrecifes con profundidades me-

nores a los 15 m, sobre todo en el costado oeste y en las zonas someras del costado este y noreste de las islas de Old Providence y Santa Catalina (**Figura 4.1**). Estos impactos se presentaron en las zonas someras debido a su ma-

yor exposición al oleaje. Los efectos fueron mayores en el costado oeste de la isla, debido a que no tiene la protección de la barrera coralina y está más expuesto al fuerte oleaje.

Figura 4.1. Estado de salud de los arrecifes de coral y praderas de pastos marinos antes y después del paso de los huracanes Eta e Iota



La biomasa y la abundancia de peces disminuyó en la mayoría de las estaciones de muestreo (**Tabla 4.1**), lo que puede estar relacionado con dos factores principales: la afectación del hábitat por el impacto de los huracanes y un posible aumento de la presión pesquera durante la pandemia generada por el COVID-19. Similar a lo observado en 2019, se identificó que a medida que aumentaba la complejidad arrecifal, la biomasa, la abundancia y la riqueza de peces aumentaba proporcionalmente. Se observaron numerosas especies que se consideran en peligro de extinción, como algunos peces loro de tallas grandes (*Scarus guacamaia*, *Scarus vetula*, *Sparisoma viride*), meros y chernas (*Epinephelus guttatus*, *Epinephelus striatus*, *Mycteroperca bonaci* y *Mycteroperca tigris*), entre otras.

En comparación con lo registrado en las islas cayos de Serranilla,

las islas de Old Providence y Santa Catalina parecen estar en mejores condiciones en lo que respecta a la comunidad de peces y la cobertura arrecifal, teniendo en cuenta que históricamente ha sido la zona del archipiélago con mayor diversidad de especies de peces. Así, estas islas se convierten en una zona de interés prioritario como refugio de diversidad y proveedora de servicios ecosistémicos para la Reserva de Biósfera Seaflower.

Finalmente, se realizó un ejercicio de valoración económica ambiental considerando múltiples servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas de Old Providence y Santa Catalina. De tal modo se halló que dichos aportes pueden llegar a ser de 156 billones de pesos al año, lo cual corresponde al 14,7 % del producto interno bruto (PIB) de Colombia

en 2019, valor que puede verse afectado por las pérdidas y afectaciones en los ecosistemas debido a los huracanes.

En conclusión, se requiere determinar con mayor detalle las afectaciones a gran escala de los huracanes sobre los ecosistemas marinos, en cuanto a su extensión y condición, incluyendo variables clave como la complejidad arrecifal y la valoración de algunos de esos servicios ecosistémicos que se consideren prioritarios, como la protección costera y la provisión de alimentos. Si bien los valores de los aportes de los servicios ecosistémicos pueden disminuir debido a sus afectaciones por fenómenos naturales, también es posible que incrementen conforme a la recuperación y rehabilitación del estado de salud de estos ecosistemas.

▼
Tabla 4.1. Abundancia total y biomasa total de peces en el 2019 y 2021

Estación	Abundancia total	Biomasa total	Abundancia promedio 2019	Biomasa promedio 2019	Abundancia promedio 2021	Biomasa promedio 2021	Biomasa cambio
1	1105	88365	221	17673	198	15598	-2075
2	1516	200499	303,2	40100	NA	NA	NA
3	731	85704	103,75	21426	98	20598	-828
4	1163	201757	232,6	40351	290	42257	1906
5	2327	533197	465,4	106639	NA	NA	NA
6	2498	1096010	499,6	219202	510	220152	950
7	2438	506942	487,6	101388	457	98568	-2820
8	1695	361259	434,6	90315	NA	NA	NA
9	2020	895095	404	179019	NA	NA	NA

Estación	Abundancia total	Biomasa total	Abundancia promedio 2019	Biomasa promedio 2019	Abundancia promedio 2021	Biomasa promedio 2021	Biomasa cambio
10	1982	498211	396,4	99642	NA	NA	NA
11	2880	646141	576	129228	554	115524	-13704
12	2037	589084	407,4	117817	398	108451	-9366
13	3017	770940	603,4	154188	617	162451	8263
14	2807	609297	561,4	121859	541	119785	-2074
15	2764	513591	552,8	102718	589	125198	22480
16	3516	621331	703,2	124266	691	115987	-8279
17	4077	717489	815,4	143498	825	139854	-3644
18	3023	874387	604,6	174877	524	149234	-25643
19	2490	584630	498	116926	477	107542	-9384
20	2255	694342	451	138868	431	131789	-7079
21	1842	342686	368,4	68537	359	68489	-48
22	2642	689363	528,4	137873	539	111254	-26619
23	1119	135322	223,8	32312	198	30578	-1734
24	2343	935807	468,6	187161	315	128457	-58704
25	1756	340772	351,2	68154	290	48984	-19170
26	1122	180056	280,5	45014	230	25245	-19769

Recomendaciones y perspectivas a futuro

Se demostró que las barreras de coral de las islas de Old Providence y Santa Catalina proveen protección costera disminuyendo la altura de las olas mediante la atenuación del oleaje, lo cual fue y es muy importante en eventos extremos como los huracanes Eta e Iota. De tal manera, el monitoreo y el seguimiento anual de las coberturas de los arrecifes de coral, su complejidad estructural y salud

arrecifal, así como de otros ecosistemas clave para la protección costera como manglares y pastos marinos, es esencial para evaluar de manera cuantitativa los cambios en los ecosistemas y las posibles implicaciones en servicios ecosistémicos como protección costera, refugio de biodiversidad y provisión de alimentos, los cuales son vitales para el bienestar y la protección de los habitantes de las islas.

Las observaciones realizadas durante las expediciones científicas

Seaflower han permitido identificar que la buena salud y extensión, en términos de hectáreas, de estos ecosistemas contribuyen a una mayor abundancia y biomasa de peces. Esto confirma que invertir en la restauración, el manejo y la protección de los arrecifes de coral, los manglares y los pastos marinos es crucial para garantizar la supervivencia, la seguridad alimentaria y el bienestar de la población del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Fotomosaicos como instrumento para la conservación y restauración de arrecifes de coral

Phanor Montoya Maya, Angela Alegría Ortega, Andrea Caicedo, Josselyn Bryan Arboleda, Daniele Florio
Corales de Paz

En octubre de 2017 inició el programa piloto «Restauración Coralina a Gran Escala en la Reserva de Biósfera Seaflower», que en 2019 fue denominado «REEF for All» y representa el proyecto de rehabilitación de arrecifes coralinos más grande de Colombia, resultado de la colaboración entre la Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Conservación Internacional y Corales de Paz. En 2019, esta

iniciativa contaba en la isla de Old Providence y Santa Catalina con un stock de 1000 colonias de coral, aproximadamente, cultivadas en guarderías de cuerdas flotantes. Durante la Expedición Científica Seaflower (ECS) 2019, Corales de Paz intervino 10 sitios de 1000 m² de arrecife coralino con el trasplante de 1000 colonias de coral. Estos puntos fueron elegidos después de la evaluación de 34 estaciones, en las cuales se identificaron ocho zonas con condiciones ecológicas favorables para el trasplante de

coral y dos de control/referencia. En cada caso se demarcó una parcela de 10 × 10 m (100 m²), en las que se fijaron 100 colonias de coral de *Acropora cervicornis*, rehabilitando el 33 % del área coralina en las zonas intervenidas en las islas de Old Providence y Santa Catalina. Después de dos años de estos esfuerzos y el paso de los huracanes Eta e Iota, se evaluaron las condiciones en las que se encontraban tanto los trasplantes de coral como el ecosistema arrecifal en general.



▼ Coral cerebro estriado
Diploria labyrinthiformis

▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto

Evaluación integral del arrecife coralino y el trasplante de corales

Posterior al paso de los huracanes Eta e Iota, durante la ECS 2021-I se visitaron los mismos 10 sitios, así como otras siete estaciones que no tenían trasplante de coral con el fin de evaluar el nivel de afectación de

las parcelas con trasplante y del ecosistema arrecifal. Simultáneamente, se estimó la presencia de enfermedades de coral; específicamente, la pérdida de tejido de coral duro (SCTLD), uno de los eventos epizooticos más agresivos que se han reportado en el Caribe norte y que presenta una expansión progresiva hacia el

Caribe sur. También se examinó la composición del sustrato de los sitios objeto de restauración de coral y cinco estaciones de referencia, siguiendo el protocolo de Reef Check, y se probó el prototipo UMapTool desarrollado por DeepCo para realizar los fotomosaicos para el análisis fotogramétrico del sustrato.

Figura 5.1. Modelo de IDW para los sitios de trasplante de coral de la isla de Old Providence y Santa Catalina en 2019. Los puntajes más altos son las estaciones con las mejores condiciones para el trasplante de coral ramificado.

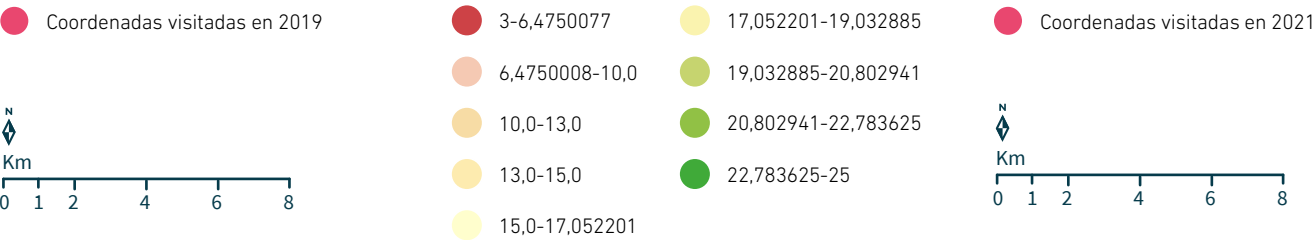
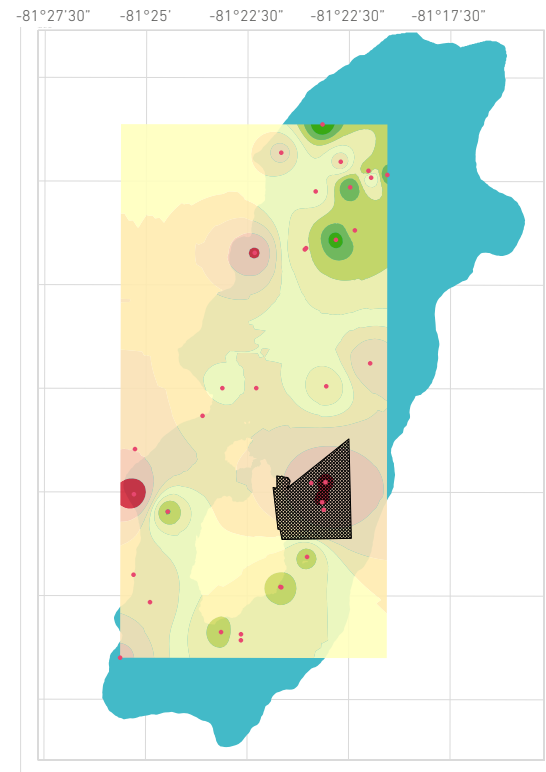
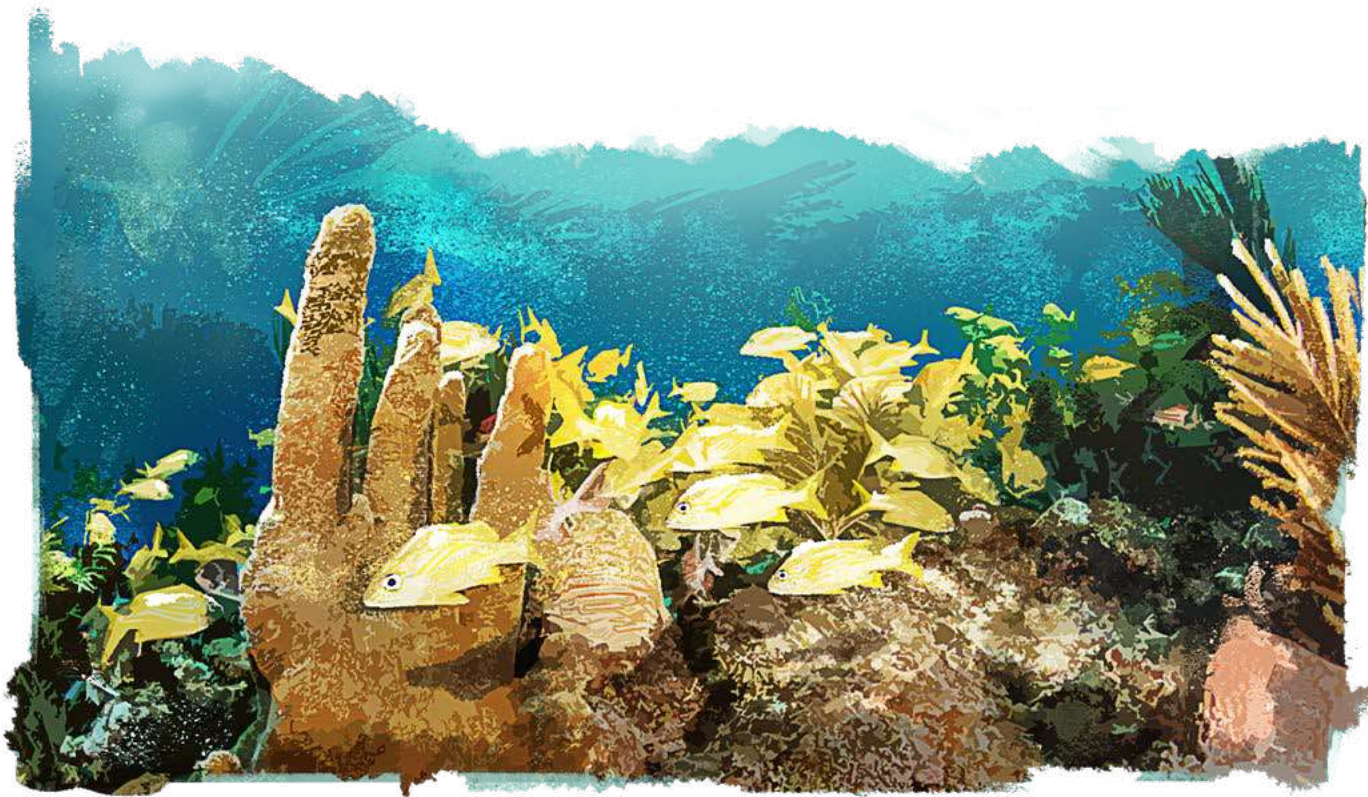
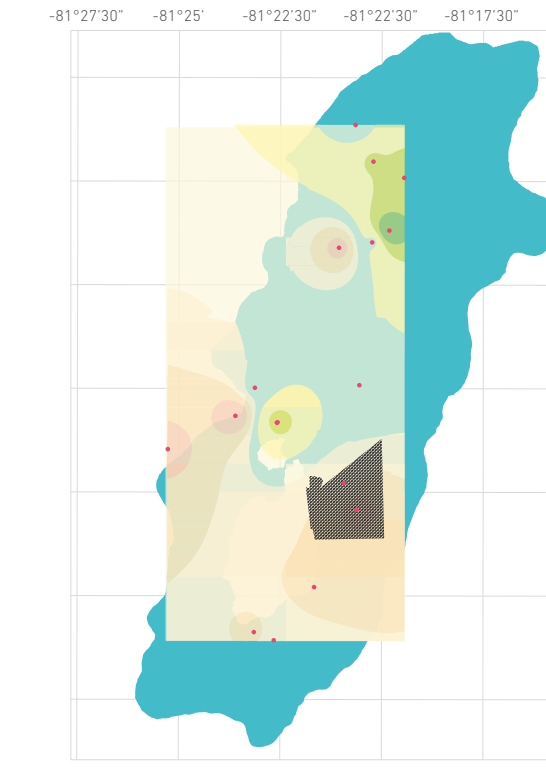


Figura 5.2. Modelo de interpolación mediante distancia ponderada (IDW) para los sitios de trasplante de coral de Old Providence y Santa Catalina en 2021. Los puntajes más altos son las estaciones con las mejores condiciones para el trasplante de coral ramificado.



Estado del arrecife de coral después de las tormentas

Se encontró que en el noreste de la barrera coralina de Old Providence y Santa Catalina las condiciones para la restauración son óptimas con trasplante de corales ramificados, en comparación con la zona central, la zona cercana a la isla de Santa Catalina y la franja somera de la laguna arrecifal en la zona sur (Figura 5.1). En contraste con el modelo geográfico a partir de la evaluación cualitativa realizada en 2019 (Figura 5.2), las estaciones al noreste de la barrera de coral no presentaron cambios en la categorización, mientras que aquellas al sur de las islas sí cambiaron de categoría.

A través de la evaluación de coberturas de sustrato se estimó

que las estaciones con mejores condiciones son las del noreste de la zona arrecifal de Old Providence y Santa Catalina, mientras que las del sur de la isla cuentan con condiciones insuficientes pues, aunque tienen una buena cobertura de coral y una baja cobertura de macroalgas, la proporción de sustrato consolidado disponible donde se puede fijar el coral es muy bajo. Similar a los registros de 2019, en el año 2021 aún no estaba presente la enfermedad SCTLD en los arrecifes de coral de Old Providence y Santa Catalina.

La evaluación de coberturas y de impactos y enfermedades permitió entender el cambio en la composición del arrecife de coral del Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, donde la afectación tras los huracanes

fue evidente. De esta manera se estimó que en la zona hay una alta presencia de macroalgas (mayor al 30 %) y de colonias de coral con daños (18 % de la población en promedio de 100 m²) en comparación con las otras estaciones evaluadas. En este sentido, se recomienda realizar monitoreos y control de los factores que potencian el desarrollo de las macroalgas dentro y fuera de este parque nacional y seleccionar cuidadosamente los sitios por intervenir con trasplante de coral dentro de este. Igualmente, los resultados sugieren que para la evaluación de zonas en restauración es recomendable aplicar una metodología holística, que incluya, además de la evaluación de cobertura de sustrato, otros factores como presencia de herbívoros, condiciones físicas, entre otros.

Estrategias de involucramiento de las comunidades en la restauración coralina

Natalia Uribe Castañeda
University of Florida - Corales de Paz

Restauración coralina participativa

La restauración coralina se ha utilizado ampliamente para rehabilitar ecosistemas de arrecifes degradados alrededor del mundo. Además de las actividades de investigación y gestión centradas en la conservación y restauración de estos ecosistemas, varias organizaciones en el Caribe han implementado programas de participación comunitaria dirigidos a esos objetivos. Las estrategias en estos casos van desde educar a las poblaciones locales sobre la conservación de los arrecifes de coral hasta capacitar y desarrollar habilidades para sumarse en los esfuerzos de restauración.

Estos programas de participación comunitaria varían ampliamente en alcance, objetivos, público objetivo, capacitación requerida, apoyo financiero, tiempo de operación y elementos culturales, y aunque existen muchas iniciativas de este tipo, se

cuenta con poca investigación sobre su efectividad. Esto representa una oportunidad única para evaluar estos programas e identificar estrategias exitosas que mejoren los esfuerzos de participación de la comunidad y los científicos ciudadanos.

De tal manera, es necesario identificar los factores que motivan a las comunidades y las barreras que enfrentan para vincularse a programas de conservación y restauración de arrecifes coralinos. Esta investigación aborda esta brecha de conocimiento y proporciona pautas para darle a la población oportunidad de sumarse al cuidado de estos ecosistemas, a la vez que se analizan los obstáculos que surgen en este ámbito con miras a apoyar su trabajo en la identificación de soluciones.



Análisis participativo sobre la restauración coralina

Se realizaron 13 entrevistas en las islas de Old Providence y Santa Catalina con el objetivo de obtener información directa de los miembros de la comunidad involucrada en la restauración de los arrecifes de coral. El enfoque de investigación cualitativa empleado en este trabajo permite comprender las motivaciones individuales, las experiencias y las perspectivas de los participantes, lo cual es esencial para el diseño efectivo de programas de conservación y restauración. Además, se realizó un análisis DOFA sobre los programas de restauración de arrecifes coralinos desarrollados en las islas. Esta evaluación participativa permite identificar las fortalezas, las debilidades, las amenazas y las oportunidades del programa de restauración de arrecifes de coral, proporcionando una visión integral para implementar estrategias efectivas en las islas de Old Providence y Santa Catalina.

Percepción de la comunidad sobre la restauración coralina

El 92,3 % de los participantes consideró que los programas de restauración de arrecifes han sido exitosos, mientras que el 7,7 % afirmó que no lo han sido y tampoco han sido justos ni equitativos. Asimismo, el 100 % de las personas consultadas han aprendido sobre los arrecifes de coral y su cuidado, especialmente en cuanto a la identificación de especies, el montaje de guarderías, la limpieza y el mantenimiento de corales, aspectos biológicos de estos, trasplante de corales, entre otros.

Con respecto a la evaluación del programa de restauración, los participantes identificaron que dentro de las fortalezas y las oportunidades prevalecen la preparación de técnicos y buzos restauradores, el surgimiento de oportunidades económicas, el trabajo en equipo, el incremento de la diversidad biológica, posibilidades de negocio de producción de corales, entrenamiento, entre otras. Por otra parte, las debilidades y las amenazas

identificadas se relacionan con que no hay suficiente material para trabajar, la falta de recursos económicos y de apoyo del Gobierno y la poca participación de los pescadores. A propósito de los aspectos biológicos, se observó que el mal clima, las corrientes, la sedimentación, la basura marina y el impacto humano pueden afectar los esfuerzos de restauración coralina.

Adicionalmente, se estableció que a causa del paso de los huracanes Eta e Iota la disponibilidad del recurso pesquero disminuyó y hubo una gran pérdida de materiales como botes, motores, equipos de buceo, entre otros. De igual manera hubo una pérdida de cultivos y se presentaron diversos problemas a nivel psicológico y emocional ya que fueron una experiencia traumática.

Consideraciones e implementación de los resultados

Los resultados de este proyecto son de interés para los esfuerzos de restauración y conservación de los arrecifes de coral en todo el mundo. La información obtenida se difundió entre la red global de científicos y profesionales dedicados a ese propósito. Actualmente, se está desarrollando una guía de participación comunitaria en la restauración de arrecifes, la cual estará disponible en línea para la comunidad de practicantes de esta actividad.

Integridad ecológica y biodiversidad de los ecosistemas arrecifales

Mateo López-Victoria
Pontificia Universidad Javeriana de Cali

¿Cómo evaluamos la integridad y biodiversidad ecológica?

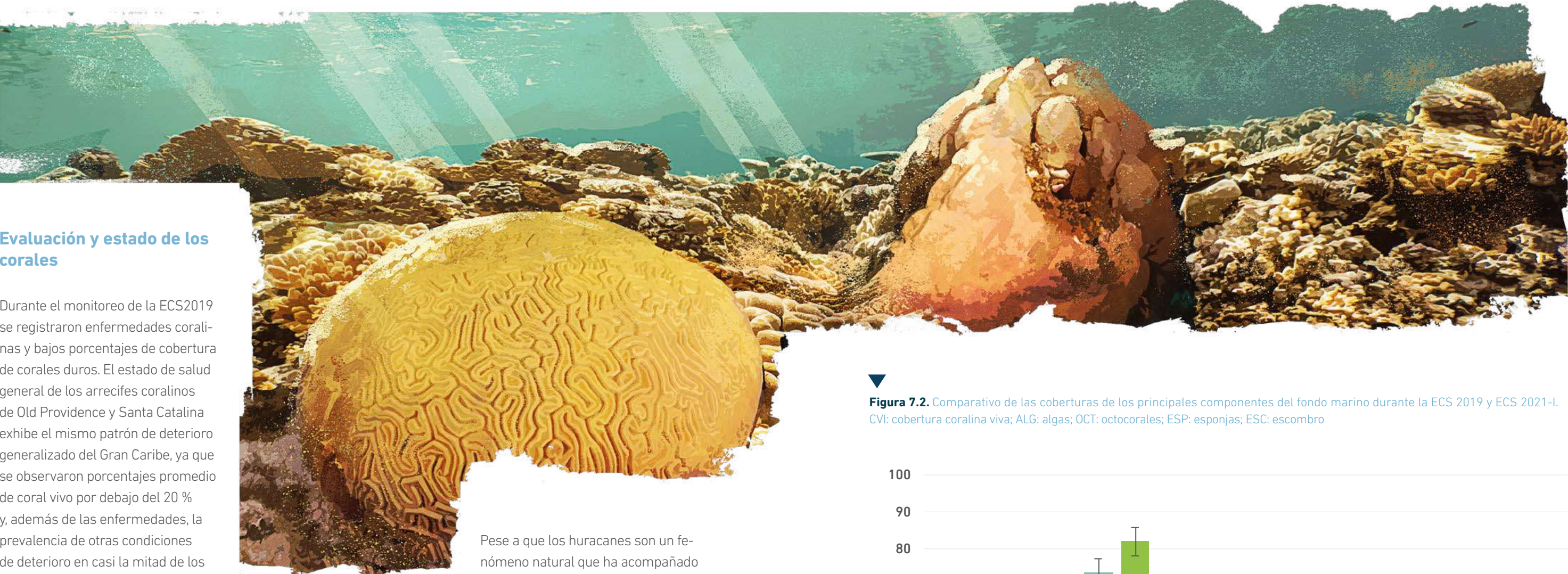
Con el objetivo de evaluar los impactos de los huracanes Eta e Iota sobre los arrecifes coralinos, se empleó una metodología que replicó lo realizado en la Expedición Científica Seaflower (ECS) 2019. Para ello, en cada estación se instalaron tres transectos de 10 m de longitud, en los cuales se identificaron las especies de coral y enfermedades coralinas y se tomaron fotocuadrantes a partir de los cuales se evaluaron las coberturas de los principales componentes del fondo marino. Adicionalmente, se evaluaron los tipos de afectaciones, como volcamientos de colonias de coral, asociadas al paso de los huracanes, en bandas de 60 × 10 m, usando como guía la cinta métrica de los fotocuadrantes (**Figura 7.1**).

▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto



▼ **Figura 7.1.** Métodos de muestreo empleados en la ECS 2019 y ECS 2021-I: despliegue de la cinta métrica, registro de los metadatos, toma de fotocuadrantes, evaluación de las condiciones de salud y deterioro de las especies de coral presentes en el transecto de banda





Evaluación y estado de los corales

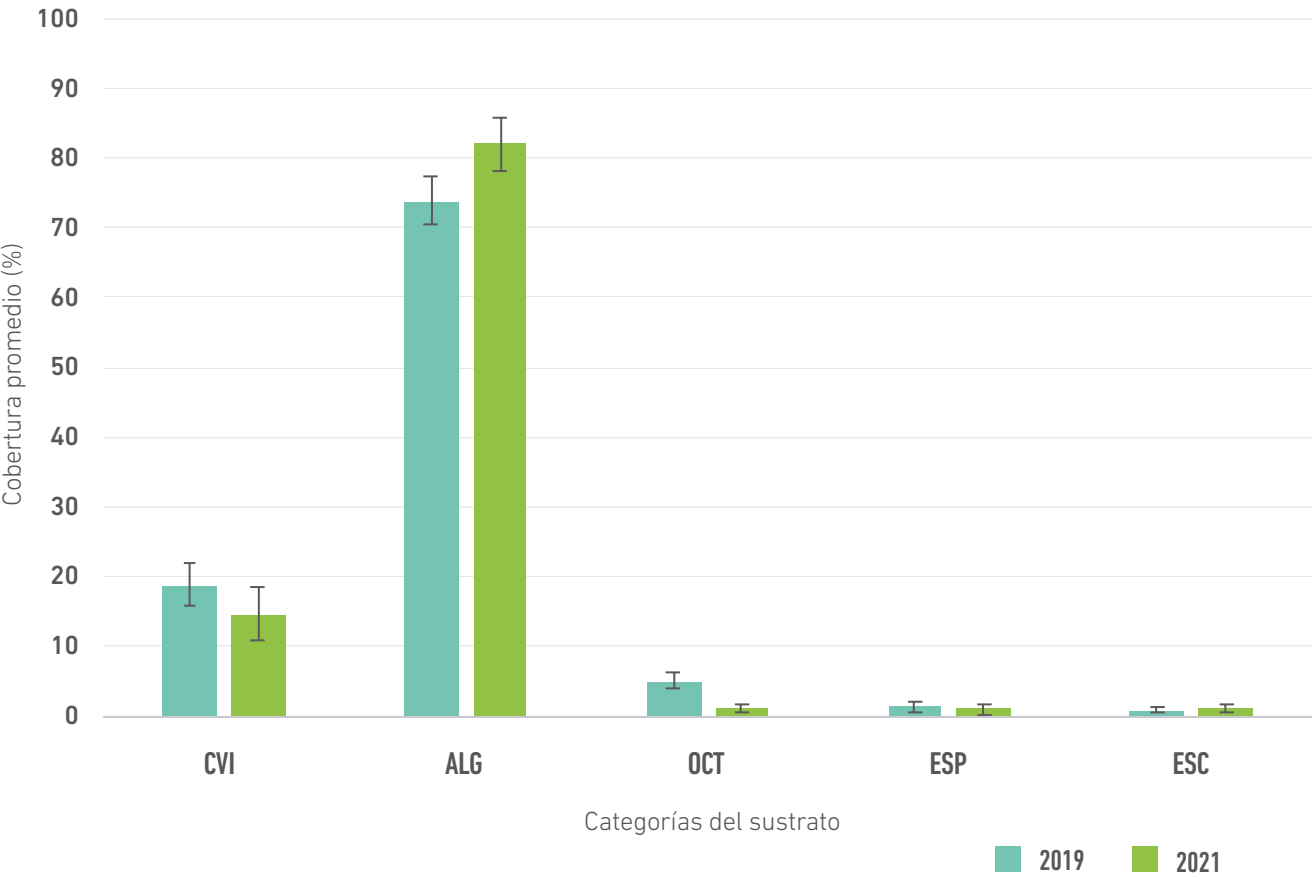
Durante el monitoreo de la ECS2019 se registraron enfermedades corali- nas y bajos porcentajes de cobertura de corales duros. El estado de salud general de los arrecifes coralinos de Old Providence y Santa Catalina exhibe el mismo patrón de deterioro generalizado del Gran Caribe, ya que se observaron porcentajes promedio de coral vivo por debajo del 20 % y, además de las enfermedades, la prevalencia de otras condiciones de deterioro en casi la mitad de los arrecifes muestreados.

En comparación, durante la ECS2021-I se detectaron severas afectaciones en corales de gran tamaño (>1 m de diámetro); en particular, en los que estaban ubi- cados en la periferia de los parches de coral. Las afectaciones en co- lonias medianas (<1 m y >30 cm) fueron moderadas, y en colonias pequeñas (<30 cm) fueron leves. Las coberturas de corales duros y octocorales disminuyeron, y las coberturas de algas aumentaron (**Figura 7.2**). Estas tendencias ob- servadas no solo son un reflejo del

deterioro de los arrecifes someros del Gran Caribe, sino que son espe- rables después del paso de fenó- menos naturales como el huracán Iota (categoría 5). Prácticamente todas las principales especies que hoy en día son responsables de la construcción del andamiaje arreci- fal presentaron afectación por los huracanes en todas las estaciones por encima de los 15-20 m de pro- fundidad. Aunque a mayor profun- didad (>20m) se dieron volcamien- tos, estos fueron menos frecuentes, y solo involucraron a especies con avanzado estado de bioerosión.

Pese a que los huracanes son un fe- nómeno natural que ha acompaña- do la dinámica de los arrecifes corali- nos desde hace millones de años, recientes estudios sugieren que su frecuencia y capacidad de destruc- ción están incrementando. A ello hay que sumarle que los arrecifes corali- nos vienen en constante y acelerado deterioro y que las especies de coral que prevalecen y construyen el andamiaje arrecifal se encuentran cada vez más debilitadas por la bioerosión. Ante este panorama, la restauración ecológica activa es una herramienta para mitigar el efecto de los huracanes, enfermedades y demás amenazas a las que se en- frentan estos ecosistemas.

Figura 7.2. Comparativo de las coberturas de los principales componentes del fondo marino durante la ECS 2019 y ECS 2021-I. CVI: cobertura coralina viva; ALG: algas; OCT: octocorales; ESP: esponjas; ESC: escombros



Diversidad y abundancia de tiburones, rayas y otros recursos pesqueros

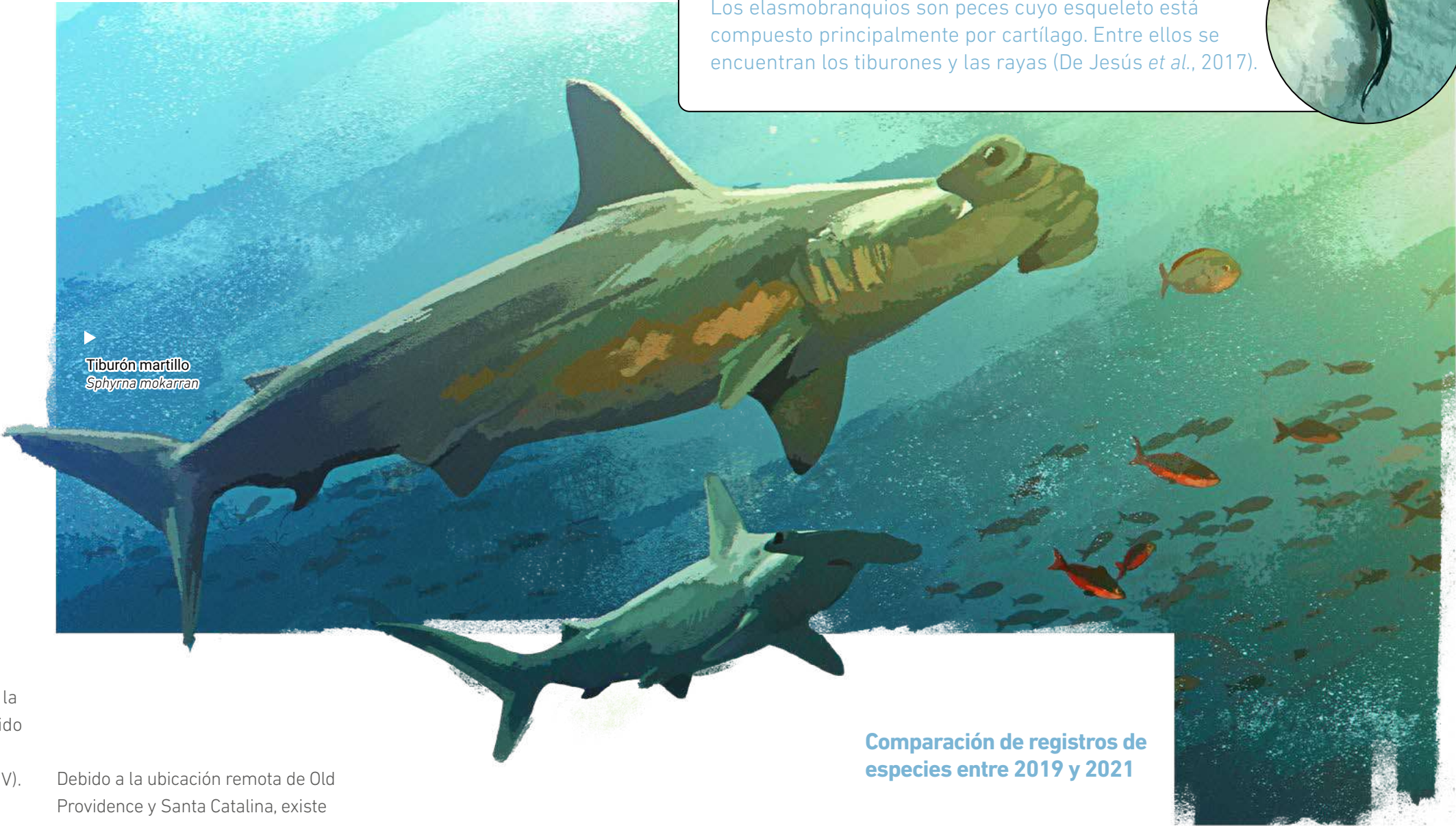
Diego Cardeñosa
Florida International University

Ante la preocupante disminución de la población de elasmobranquios a nivel global, la protección contra la sobreexplotación de estos animales se ha convertido en una prioridad de alcance mundial. Sin embargo, los datos necesarios para evaluar la diversidad y la abundancia de elasmobranquios a menudo han obstaculizado los esfuerzos para restaurar y proteger eficazmente dichas especies. Generalmente, los estudios de arrecifes en todo el mundo han sido realizados por buzos, aunque se han expuesto las fallas y los sesgos de este tipo de investigaciones para especies como los elasmobranquios. El muestreo de estos organismos ha sido tradicionalmente intensivo en recursos y tiempo debido a la necesidad de capturar a los tiburones y/o rayas.

BRUV: tecnología para muestreo

Recientemente, los avances en la tecnología de video han permitido el despliegue de *Baited Remote Underwater Videos Station* (BRUV). Esta herramienta, mediante la cual es posible llevar a cabo muestreos no invasivos, implica colocar una fuente de cebo frente a una cámara de video submarina y cuantificar los peces que se observan en el campo de visión durante un periodo de muestreo estándar. Esta estrategia es ideal para muestrear poblaciones de especies relativamente depredadoras de baja densidad como tiburones y rayas.

Debido a la ubicación remota de Old Providence y Santa Catalina, existe una falta de conocimiento sobre las especies de elasmobranquios y su abundancia en el área. Los datos generados durante la ECS 2019 y su comparación con los datos de la ECS 2021-I permitieron estimar si se presentó algún impacto negativo en las poblaciones de tiburones, rayas y peces óseos de importancia comercial utilizando BRUV para estimar el efecto del paso de los huracanes Eta e Iota en estas especies.



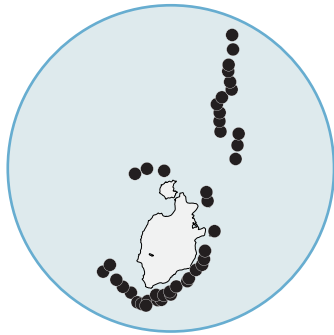
Los elasmobranquios son peces cuyo esqueleto está compuesto principalmente por cartílago. Entre ellos se encuentran los tiburones y las rayas (De Jesús *et al.*, 2017).

Tiburón martillo
Sphyrna mokarran

Comparación de registros de especies entre 2019 y 2021

Durante la ECS 2019 se registraron un total de 122 individuos de tiburones y rayas: 71 de *Carcharhinus perezii*, 31 de *Ginglymostoma cirratum*, 2 de *Rhizoprionodon* sp., 2 de *Sphyrna mokarran*, 1 de *Galeocerdo cuvier*, 8 de *Hypanus americanus* y 7 de *Urobatis jamaicensis*. Estas especies se detectaron en el 96 % de las cámaras instaladas, y se observaron hembras adultas de gran tamaño de tiburones martillo

(*S. mokarran*) y tiburones coralinos (*C. perezii*), siendo hasta ahora la abundancia más alta en la región. Se resalta además la presencia de grandes machos adultos de tiburón martillo, de los cuales no hay mucha información a nivel regional ya que la mayor parte de los avistamientos registrados son hembras.



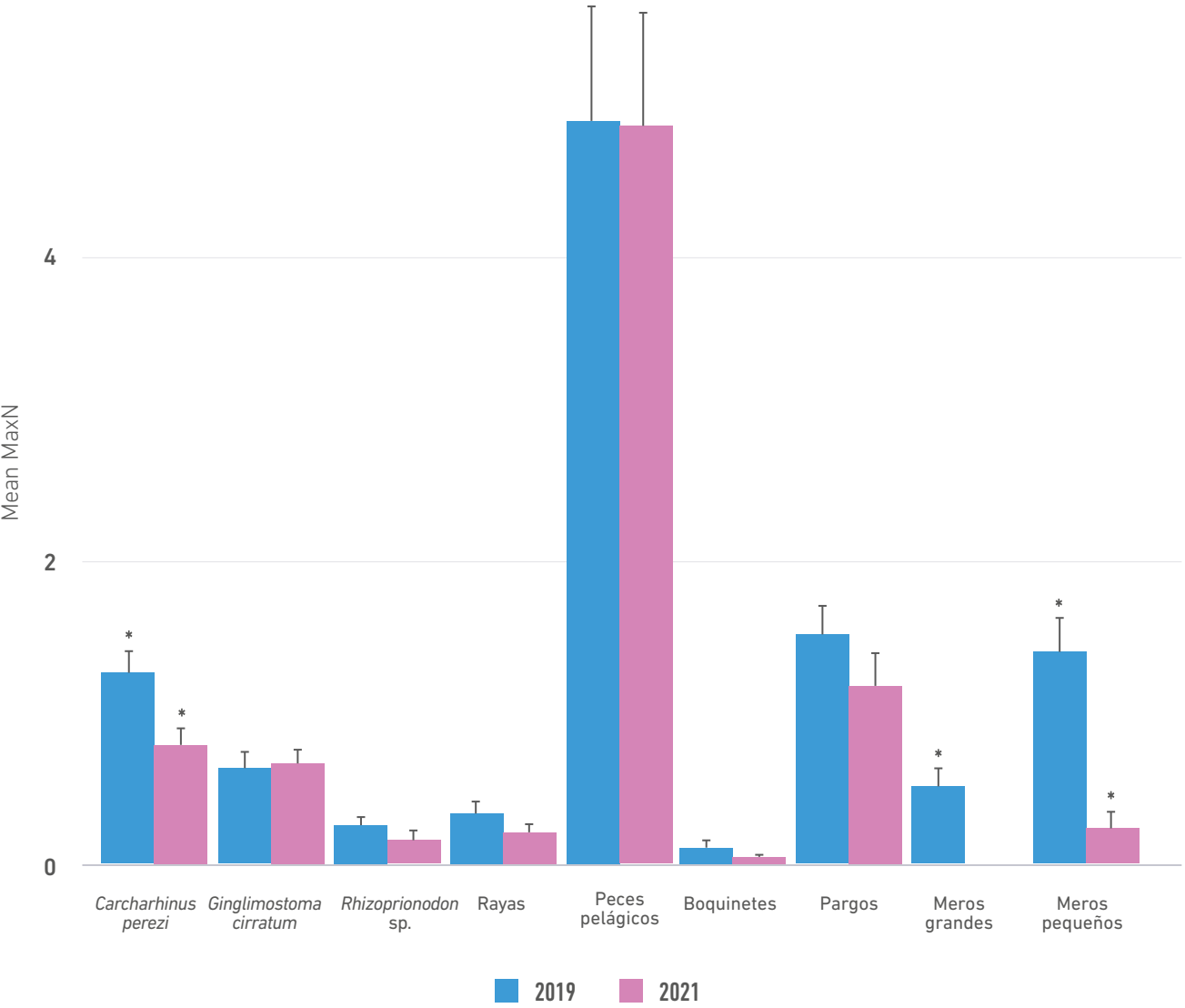
Puntos de muestreo efectivos del proyecto

Durante la ECS 2021-I se evaluó la abundancia relativa de especies y grupos de especies seleccionados: los tiburones de arrecife del Caribe (*C. perezii*), el tiburón nodriza común (*G. cirratum*), un grupo agregado para todas las rayas, la raya austral (*H. americanus*), la raya redonda amarilla (*U. jamaicensis*), la raya águila blanca (*Aetobatus na-*

rinari), un grupo agregado de peces pelágicos (jureles, barracudas y caballas), el pargo pluma (*Lachnolaimus maximus*), un grupo agregado de pargos (Lutjanidae), un grupo agregado de pequeños meros (*Cephalopholis fulva*, *Cephalofolis cruentata*) y un grupo agregado de grandes meros (*Mycteroperca* spp., *Epinephelus* spp.).

Los resultados de los BRUV demostraron una disminución significativa en la abundancia relativa de tiburones coralinos (*C. perezii*) y pequeños y grandes meros. La diferencia para el resto de los grupos no fue significativa (**Figura 8.1**).

Figura 8.1. Diagrama de barras que compara el promedio de especies/grupos observados en la ECS 2019 y en la ECS 2021-I en las islas de Old Providence y Santa Catalina



Impacto de los huracanes en las poblaciones de tiburones y peces óseos

Se encontraron diferencias significativas en la abundancia relativa antes y después del paso de los huracanes Eta e Iota por las islas, especialmente en una especie de tiburón y dos grupos de especies de meros con un alto valor comercial. Estos resultados pueden deberse al impacto directo del huracán en los ecosistemas marinos de la isla o a impactos indirectos.

La variación en la abundancia relativa de tiburones coralinos puede ser atribuida principalmente a la diferencia en el muestreo ya que en ocasiones anteriores se ha encontrado una mayor abundancia de estos animales fuera de la barrera arrecifal. Por otro lado, los muestreos de la ECS 2019 se realizaron en septiembre, justo después de la temporada de nacimientos de estos animales en los arrecifes de la Reserva de Biósfera Seaflower. Esto puede afectar la abundancia relativa de esta especie ya que hay más individuos, los cuales pueden no estar afectados por mortalidad natural durante el primer año de vida (e.g., depredación natural) (Brooks et al., 2013).

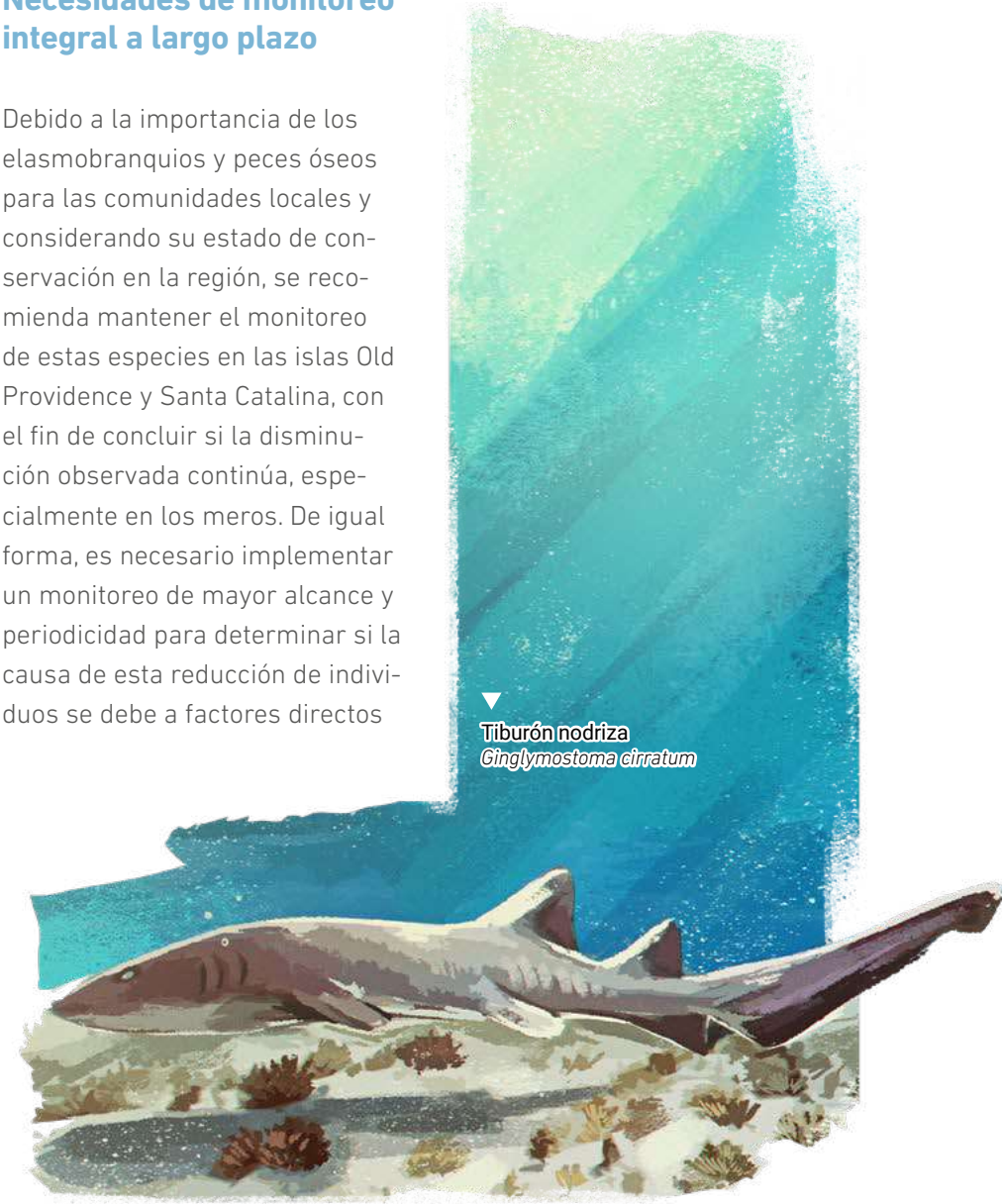
Entretanto, las grandes diferencias encontradas en la abundancia relativa de meros pequeños y grandes antes y después de los huracanes pueden deberse a la diferencia de

lugares de muestreo o al aumento de la presión pesquera en las islas. En ese sentido, cabe observar que la mayoría de los habitantes de la isla recurrieron a la pesca para su sostenimiento luego del paso de los huracanes, lo cual pudo generar una presión más alta de lo normal en los recursos pesqueros de alto valor comercial, como los meros.

Necesidades de monitoreo integral a largo plazo

Debido a la importancia de los elasmobranchios y peces óseos para las comunidades locales y considerando su estado de conservación en la región, se recomienda mantener el monitoreo de estas especies en las islas Old Providence y Santa Catalina, con el fin de concluir si la disminución observada continúa, especialmente en los meros. De igual forma, es necesario implementar un monitoreo de mayor alcance y periodicidad para determinar si la causa de esta reducción de individuos se debe a factores directos

de pesca o a una diferencia en los lugares de muestreo con respecto a la línea base del 2019. La implementación de un muestreo estandarizado de tiburones, rayas y peces óseos permitirá determinar las fluctuaciones naturales en la abundancia relativa de estos animales en las islas y detectar tempranamente disminuciones antropogénicas y pesca ilegal.



Laguna de manglar del Parque Nacional Natural McBean Lagoon y su relevancia para la ictiofauna de Old Providence y Santa Catalina

Arturo Acero Pizarro, Alejandra Puentes Sayo, Natalia Rivas Escobar, José Julián Tavera
Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe – Universidad del Valle

El Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon (PNNOPM-BL) es la única área marina protegida (AMP) de carácter nacional en la Reserva de Biósfera Seaflower. Dicha zona presentaba el bosque de manglar más extenso y mejor protegido de las islas de Old Providence y Santa Catalina, considerado estratégico y de gran importancia para la conservación de la diversidad íctica de las islas. Sin embargo, este ecosistema sufrió fuertes afectaciones a causa del paso de los huracanes Eta e Iota. Por tal motivo, se evaluó el impacto causado sobre la fauna asociada a este ambiente natural.

En este orden de ideas, se realizó un inventario de la ictiofauna asociada al PNNOPM-BL y a los ecosistemas adyacentes, y se evaluó la abundancia relativa de cada especie registrada en Old Providence



y Santa Catalina. Para ese fin, se llevaron a cabo censos visuales dentro de la laguna del manglar, en las praderas de pastos marinos de la periferia y en las formaciones arrecifales cercanas a las islas. Los muestreos se hicieron con equipo de buceo autónomo, usando la tecnología óptica de estéreo-video y censos visuales. De tal modo se obtuvieron imágenes subacuáticas para el cálculo de tallas de las especies amenazadas y de interés comercial.

▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto

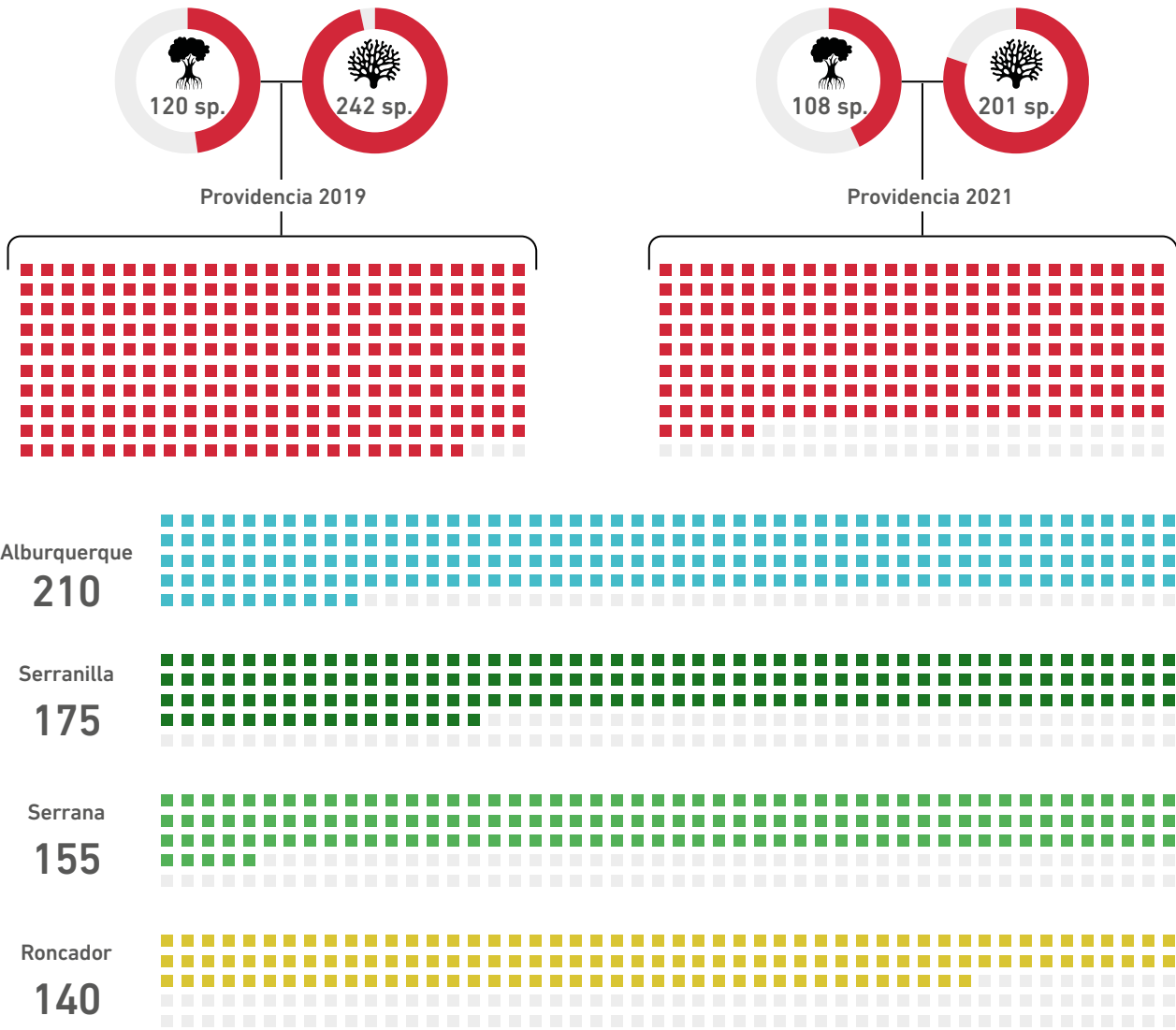
Inventario y evaluación de la ictiofauna entre 2019 y 2021

Durante la ECS 2019 se identificaron 248 especies de peces en las islas de Old Providence y Santa Catalina, mientras que durante la

ECS 2021-I se registró un total de 203 especies de peces marinos, de las cuales 25 presentan alguna categoría de amenaza asignada en el *Libro Rojo de Peces Marinos de Colombia*, 39 son de interés comercial para la población local de las islas y 3 son nuevos registros para

la Reserva de Biósfera Seaflower. Además, se observó un mayor número de especies en las islas en Old Providence y Santa Catalina en comparación con otras localidades de la reserva como Roncador (140), Serrana (155), Serranilla (166) y Alburquerque (207) (**Figura 9.1**).

▼ **Figura 9.1.** Número de especies registradas en el área de manglar y en los arrecifes de coral de las islas de Old Providence y Santa Catalina antes y después del paso de los huracanes Eta e Iota en las Expediciones Científicas Seaflower.



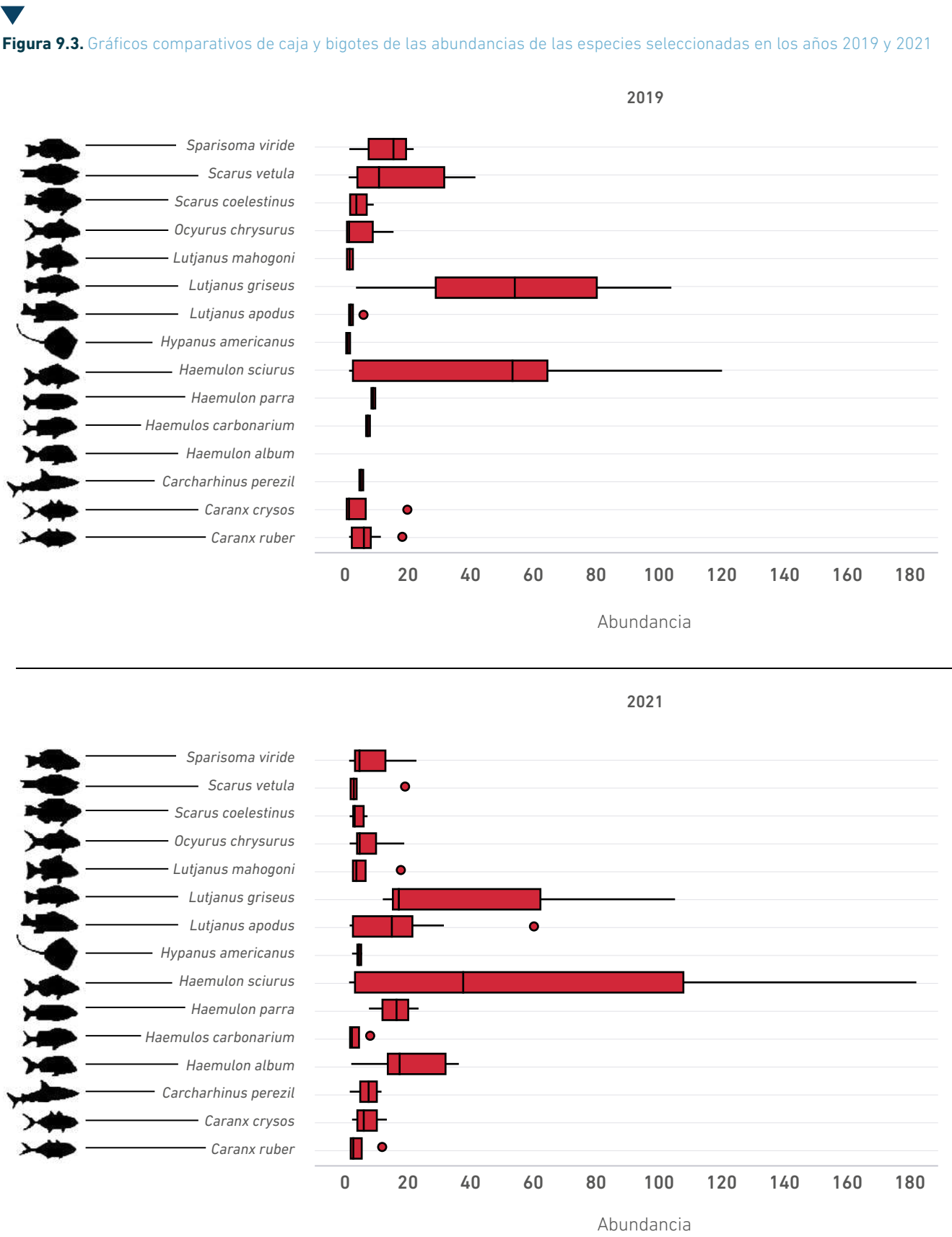
Se identificaron 108 especies de peces en el área de influencia del PNNOPMBL. Dos de ellas tienen un registro único en el manglar (*Eucinostomus melanopterus* y *Lutjanus cyanopterus*) ya que este ecosistema les provee protección y alimento en diferentes estadios de su ciclo de vida. En contraste, durante la ECS 2019 se registraron 6 especies observadas únicamente en la

laguna de manglar (*Megalops atlanticus*, *Centropomus undecimalis*, *Platybelone argalus*, *Coryphopterus glaucofraenum*, *E. melanopterus*, y una especie de la familia Atherinidae) (**Figura 9.2**).

Finalmente, se seleccionaron 15 especies de interés comercial y/o amenazadas (*Carcharhinus perezii*, *Hypanus americanus*, *Caranx*

crysos, *Caranx ruber*, *Haemulon album*, *Haemulon carbonarium*, *Haemulon parra*, *Haemulon sciurus*, *Lutjanus apodus*, *Lutjanus griseus*, *Lutjanus mahogoni*, *Ocyurus chrysurus*, *Scarus coelestinus*, *Scarus vetula* y *Sparisoma viride*) para realizar comparaciones entre las abundancias y las tallas encontradas antes y después del paso de los huracanes (**Figura 9.3**).

Figura 9.2. Especies registradas exclusivamente en la laguna de manglar del PNNOPMBL durante las Expediciones Científicas Seaflower en Old Providence y Santa Catalina 2019 y 2021



Nuevos registros de peces

Este estudio permitió actualizar el inventario de peces de las islas de Old Providence y Santa Catalina y hallar tres nuevos registros: 2 para la Reserva de Biósfera Seaflower (*Decapterus tabl* y *Kyphosus biggibus*) y 1 para la isla de Providencia (*Decapterus macarellus*). A su vez, con la investigación fue posible documentar las abundancias y las tallas de especies de importancia, cuyos datos sugieren que la ictiofauna marina no presentó cambios drásticos en su composición en términos de riqueza, abundancia y tallas luego del paso de los huracanes Eta e Iota.

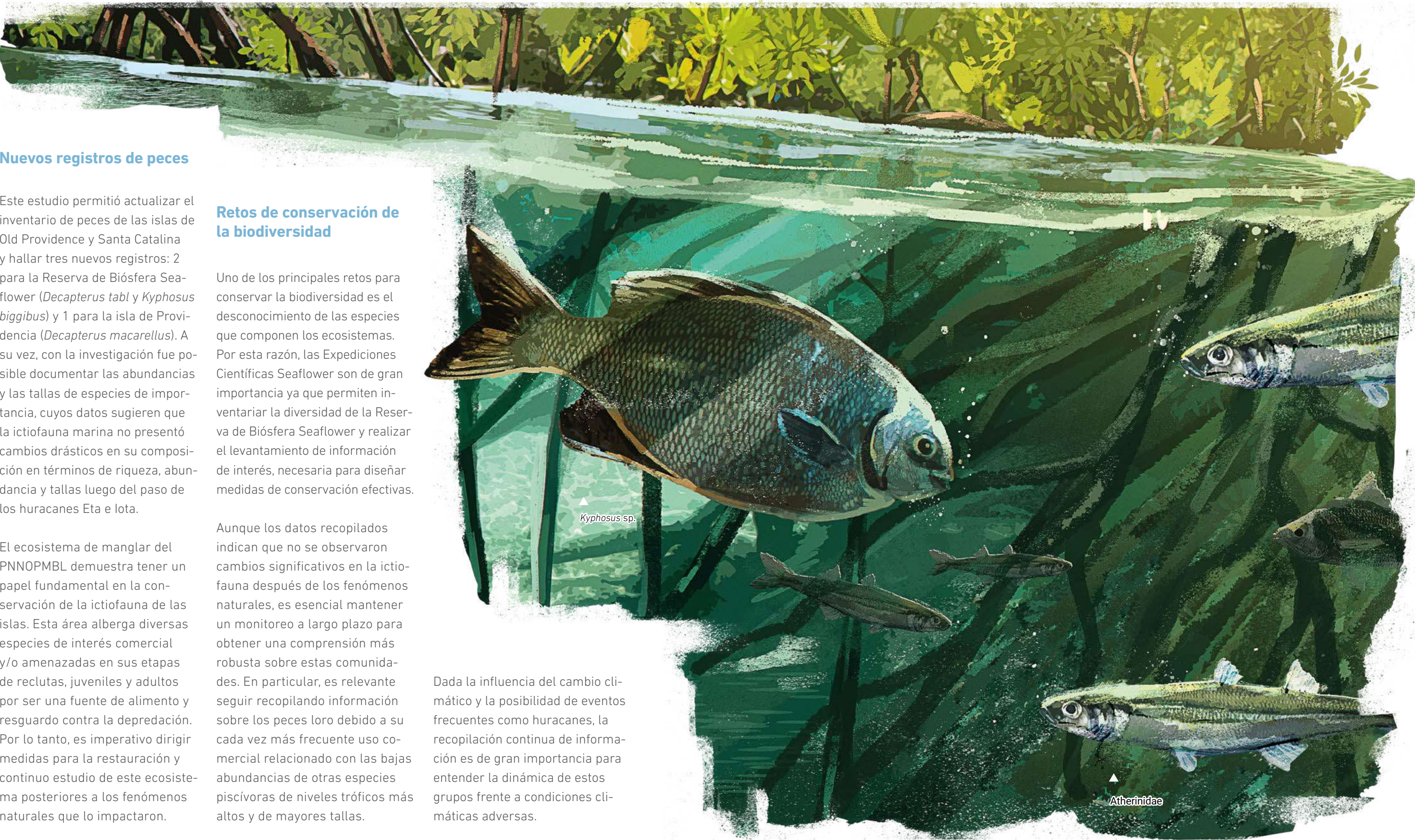
El ecosistema de manglar del PNNOPMBL demuestra tener un papel fundamental en la conservación de la ictiofauna de las islas. Esta área alberga diversas especies de interés comercial y/o amenazadas en sus etapas de reclutas, juveniles y adultos por ser una fuente de alimento y resguardo contra la depredación. Por lo tanto, es imperativo dirigir medidas para la restauración y continuo estudio de este ecosistema posteriores a los fenómenos naturales que lo impactaron.

Retos de conservación de la biodiversidad

Uno de los principales retos para conservar la biodiversidad es el desconocimiento de las especies que componen los ecosistemas. Por esta razón, las Expediciones Científicas Seaflower son de gran importancia ya que permiten inventariar la diversidad de la Reserva de Biósfera Seaflower y realizar el levantamiento de información de interés, necesaria para diseñar medidas de conservación efectivas.

Aunque los datos recopilados indican que no se observaron cambios significativos en la ictiofauna después de los fenómenos naturales, es esencial mantener un monitoreo a largo plazo para obtener una comprensión más robusta sobre estas comunidades. En particular, es relevante seguir recopilando información sobre los peces loro debido a su cada vez más frecuente uso comercial relacionado con las bajas abundancias de otras especies piscívoras de niveles tróficos más altos y de mayores tallas.

Dada la influencia del cambio climático y la posibilidad de eventos frecuentes como huracanes, la recopilación continua de información es de gran importancia para entender la dinámica de estos grupos frente a condiciones climáticas adversas.



Monitoreo y caracterización de las playas de anidación de tortugas marinas

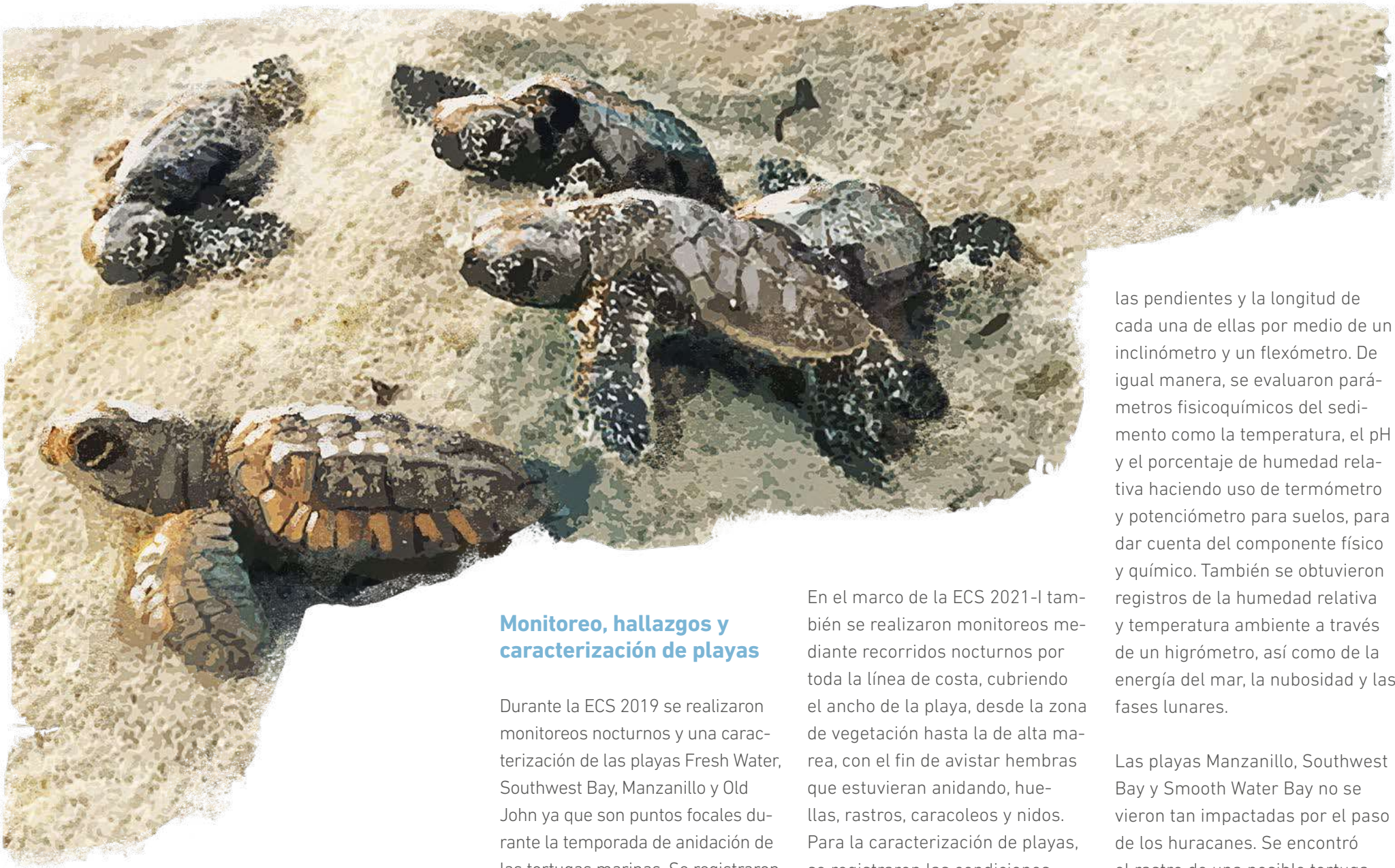
Esteban Andrade Lemus, Laura Carolina Rodríguez Rey, Aminta Jauregui
Providence and Ketlina Huxsbill Foundation – Universidad Jorge Tadeo Lozano

Continuación de las acciones de conservación de tortugas marinas

Las tortugas marinas son de gran importancia para los ecosistemas marinos y costeros, y en particular para el mantenimiento y la productividad de los arrecifes de coral y la resiliencia de los océanos. Durante su ciclo de vida, estas especies interactúan con las poblaciones costeras, por lo que su protección y cuidado debe enfocarse en las poblaciones diezmaradas por los efectos antrópicos, tanto a nivel nacional como al internacional. Con miras a contribuir en la conservación de estos reptiles, se continuó con el monitoreo y caracterización de las principales playas de anidación de las islas de Old Providence y Santa Catalina para registrar los eventos

de anidación de estos organismos y su relación con los factores medioambientales y antrópicos.

La continuidad de los programas de monitoreo y conservación de estas especies es de suma importancia pues genera y fortalece el conocimiento sobre la ecología, la biología y la protección de las poblaciones de tortugas marinas presentes en el archipiélago. De igual forma, esta información puede servir de base a los lineamientos de manejo y prevención en las áreas de anidación, alimentación y reproducción de estos reptiles.



▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto

Monitoreo, hallazgos y caracterización de playas

Durante la ECS 2019 se realizaron monitoreos nocturnos y una caracterización de las playas Fresh Water, Southwest Bay, Manzanillo y Old John ya que son puntos focales durante la temporada de anidación de las tortugas marinas. Se registraron 5 eventos reproductivos y 4 perfiles de playas que evidencian cambios físicos a lo largo del tiempo. También se identificó que el tipo de grano predominante en las playas es de arena fina, lo que indica que son terrenos propios para la anidación de las especies en estudio. Estas playas presentan además una energía de mar relativamente baja la mayor parte del tiempo.

En el marco de la ECS 2021-I también se realizaron monitoreos mediante recorridos nocturnos por toda la línea de costa, cubriendo el ancho de la playa, desde la zona de vegetación hasta la de alta marea, con el fin de avistar hembras que estuvieran anidando, huellas, rastros, caracoleos y nidos. Para la caracterización de playas, se registraron las condiciones medioambientales relacionadas a aspectos geomorfológicos, físicos, químicos, meteorológicos y biológicos de cada una de estas áreas. Con ese fin, se delimitaron estaciones perpendiculares a la costa, ubicadas cada 200 m y divididas en tres zonas: zona de vegetación, zona media y zona de lavado. Se tomaron medidas de cada estación, estimando la inclinación de

las pendientes y la longitud de cada una de ellas por medio de un inclinómetro y un flexómetro. De igual manera, se evaluaron parámetros fisicoquímicos del sedimento como la temperatura, el pH y el porcentaje de humedad relativa haciendo uso de termómetro y potenciómetro para suelos, para dar cuenta del componente físico y químico. También se obtuvieron registros de la humedad relativa y temperatura ambiente a través de un higrómetro, así como de la energía del mar, la nubosidad y las fases lunares.

Las playas Manzanillo, Southwest Bay y Smooth Water Bay no se vieron tan impactadas por el paso de los huracanes. Se encontró el rastro de una posible tortuga verde (*Chelonia mydas*), un nido de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), dos rastros y un nido de una posible tortuga caguama (*Caretta caretta*), dos nidos falsos y dos caracoleos. Gracias al patrullaje de la comunidad durante 7 días, se registró un evento de anidación de una tortuga carey (*E. imbricata*), la cual puso 64 huevos en la playa Southwest Bay.

Participación de los habitantes de Old Providence y Santa Catalina

En el 2019 se implementó un taller de educación ambiental con simulacros de monitoreo de las playas de anidación de tortugas marinas. En esa oportunidad se capacitó a 19 miembros de la Estación de Guardacostas de Providencia, 23 miembros del Puesto Naval Avanzado n.º 21, 50 niños de diferentes instituciones educativas de la isla y personal de Huxsbill Foundation, Coralina y Parques Nacionales Naturales. Este fue el primer paso para establecer una alianza interinstitucional con miras a darles continuidad al monitoreo y la conservación de las tortugas marinas en las islas.

De igual manera, durante la ECS 2021-I se llevaron a cabo capacitaciones en el «Campamento de la Dignidad» sobre la caracterización de playas y los eventos de anidación, con un total de 32 participantes propios de la asociación de pescadores y 6 representantes de la fundación. Asimismo, se realizó un taller en las instalaciones de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina), dirigido a los técnicos y asociados de la entidad, que reunió a un total de 7 integrantes de la corporación y 3 representantes de la fundación.

Estos talleres de educación ambiental permitieron el intercambio de saberes entre la academia y el conocimiento tradicional, y contribuyeron con la estructuración e implementación de estrategias de protección y manejo de las tortugas marinas de Old Providence y Santa Catalina.

Trabajo en conjunto y estrategias para la conservación

Durante la Etapa I del proyecto en el 2019, la comunidad raizal (como principal actor) y la academia trabajaron en conjunto para desarrollar estrategias de conservación para el cuidado de las tortugas marinas. En este sentido, es importante resaltar cómo la comunidad raizal se ha apropiado del conocimiento científico para fortalecer el conocimiento sobre la ecología y biología de las poblaciones de tortugas marinas presentes en el archipiélago, junto con los lineamientos de manejo y prevención en las áreas de anidación, alimentación y reproducción adyacentes.

Así pues, las actividades de educación ambiental y capacitación a habitantes de las islas son de gran relevancia para la apropiación de procesos de conservación de las tortugas marinas. De igual forma, cabe destacar la relevancia del trabajo mancomunado de diferentes

sectores para dar continuidad a estos esfuerzos iniciados anteriormente por la autoridad ambiental. Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo monitoreos anuales de las playas focales durante la temporada de anidación, con el fin de registrar los eventos reproductivos y contribuir con el entendimiento de los ciclos de vida de las tortugas marinas en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.



Distribución, composición y origen potencial de la basura marina

Luana Portz, Priscila Teixeira Campos, Gyssel Cantillo, Rogerio Portantiolo Manzolli
Corporación Universidad de la Costa – Universidad Autónoma de Madrid – Universidade de Sergipe – Fundación Blue Indigo

Problemática de la basura marina

La problemática de la basura marina, también llamada residuos o desechos marinos, constituye una preocupación global debido a su impacto ambiental y socioeconómico. Se define como cualquier material sólido persistente, elaborado o procesado que es desechado, abandonado o erróneamente depositado en el entorno marino y costero (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP], 2005). En el contexto específico del Caribe, investigaciones han destacado la alarmante presencia de grandes volúmenes de basura marina en las playas del Caribe colombiano, así como en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Estos residuos son mayormente atribuidos a las actividades humanas relacionadas con el uso recreativo de las playas y la disposición irregular de los residuos por parte de residentes y turistas (Portz *et al.*, 2018, 2022).

Además de la contribución local, el transporte de residuos a través de corrientes marinas constituye un factor significativo en la distribución de la basura marina en las islas. Este fenómeno ha sido observado, por ejemplo, en el atolón de Alburquerque, ubicado en la zona sur de la Reserva de Biósfera Seaflower. Se ha determinado que las fuentes locales son insuficientes para explicar la magnitud de la basura marina identificada (Portz *et al.*, 2020). Por consiguiente, se evidencia la necesidad de una perspectiva amplia que considere tanto las fuentes locales como los procesos de transporte a larga distancia para comprender plenamente el fenómeno de la basura marina en estas regiones. Asimismo, eventos climáticos extremos, como huracanes, pueden alterar drásticamente los patrones y la cantidad de basura marina en las islas. Estos eventos pueden desencadenar la liberación repentina de grandes cantidades de residuos, así como redistribuir los existentes a lo largo de la costa, exacerbando aún



▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto

más la problemática de la contaminación marina en estos ecosistemas vulnerables.

El muestreo durante las expediciones se centró en examinar la basura marina utilizando protocolos establecidos por Galgani *et al.* (2013) y UNEP (2009). Se realizaron 22 transectos de 10 m de ancho que abarcan toda la circunferencia de las islas de Old Providence y Santa Catalina. Los sectores incluyen manglares,

playas (turísticas y no turísticas), áreas de vegetación detrás de la playa y arrecifes de coral. Las áreas de vegetación detrás de la playa se consideraron dentro de los 5 m de la vegetación y la estimación de la basura marina se basó en el área del transecto (m²). En las áreas de manglares, se realizaron cuatro transectos lineales cerca de puntos de acceso locales, y uno en un acceso a una playa turística, con un muestreo que se extendió 10 m desde el borde de acceso al manglar, cubriendo un ancho de 5 m hacia el interior del manglar. En el caso de las áreas de arrecifes de corales, se tomaron muestras de residuos en la plataforma insular poco profunda mediante buceo libre (Portz *et al.*, 2020, 2022).

Distribución y categorización de la basura marina

Antes del paso de los huracanes Eta e Iota, durante la ECS2019 se observó que la vegetación de playa y los manglares funcionan como áreas centrales de acumulación de basura marina, especialmente de plástico. La vegetación presente en la posplaya también actúa como un área de depo-

sición de residuos que llega a las playas. Se identificaron más fuentes de acumulación de residuos alrededor de las playas no turísticas en comparación con los arrecifes de coral, lo que indica una corriente insignificante de basura en estos últimos.

El paso de los huracanes, sin embargo, causó graves daños en áreas urbanas y ecosistemas marinos y costeros de Old Providence y Santa Catalina. Los análisis de los datos de cuantificación de basura marina en playas turísticas y no turísticas, así como en áreas de manglares, demostraron un aumento en la densidad general de ítems recolectados. Específicamente en las playas de Santa Catalina, se observó un incremento significativo de basura. En contraste, en las playas turísticas de Providencia se mantuvo un bajo número de basura, similar al registrado en 2019, posiblemente debido a las labores de limpieza continuas. No obstante, las áreas de playas con gravas exhibieron una alta densidad de basura marina. En cuanto a los manglares, se detectó un ligero aumento en la cantidad de basura, atribuido a los efectos del huracán Iota.

En las playas turísticas, la densidad de ítems por metro cuadrado aumentó significativamente de 0,22 en 2019 a 1,67 en 2021, lo cual indica una mayor acumulación de basura marina (Figura 11.1). Similarmente, en las playas no turísticas se registró un incremento en la densidad de elementos por metro cuadrado.

Para el área de vegetación de las playas, este parámetro disminuyó, mientras que en los manglares se redujo significativamente. Esto podría ser resultado de la alteración del hábitat causada por el huracán, además de dos esfuerzos de limpieza en las áreas de manglares.

La composición de la basura marina en las islas en 2021 revela una preocupante prevalencia de plástico, que representa aproximadamente dos tercios de los residuos encontrados. Esta alta proporción de dicho material destaca la urgente necesidad de abordar el problema de la contaminación plástica en los ecosistemas costeros. Además, se observa la presencia significativa de vidrio, metal, tela y otros materiales, lo que refleja la diversidad de fuentes de residuos y la complejidad del desafío de gestión en las islas (Figura 11.2).

Al comparar los resultados del análisis realizado en 2019 con los datos recopilados en 2021, se pueden identificar cambios significativos en la composición y las fuentes de los residuos. En 2019, por ejemplo, se observó que los residuos de plástico y poliestireno expandido representaban el 83,77 % del total de elementos recolectados, con una cantidad significativamente mayor que otras categorías como metal, vidrio, tela y otros materiales. En contraste, los datos de 2021 muestran una distribución diferente de los tipos de residuos y

sus posibles fuentes: aunque el plástico sigue siendo predominante, representa un porcentaje menor en comparación con 2019. También se puede apreciar una mayor diversificación en las fuentes potenciales de residuos, con una proporción significativa que no pueden ser asociados a una fuente específica.

Además, hay un notable aumento en el número de ítems de material de construcción recolectados entre 2019 y 2021, de 29 artículos a 62. Este aumento significativo se puede atribuir al impacto del huracán Iota pues durante los fenómenos extremos, como los huracanes, es habitual que las estructuras y los edificios se dañen o destruyan, lo

que provoca la dispersión de los materiales de construcción en las zonas circundantes, incluidas las playas y los ecosistemas costeros. Por lo tanto, es plausible que el aumento en la cantidad de ítems de material de construcción recolectados en 2021 esté directamente relacionado con los daños causados por el huracán Iota.

Figura 11.1. Ítems recolectados en la ECS 2019 y 2021-I

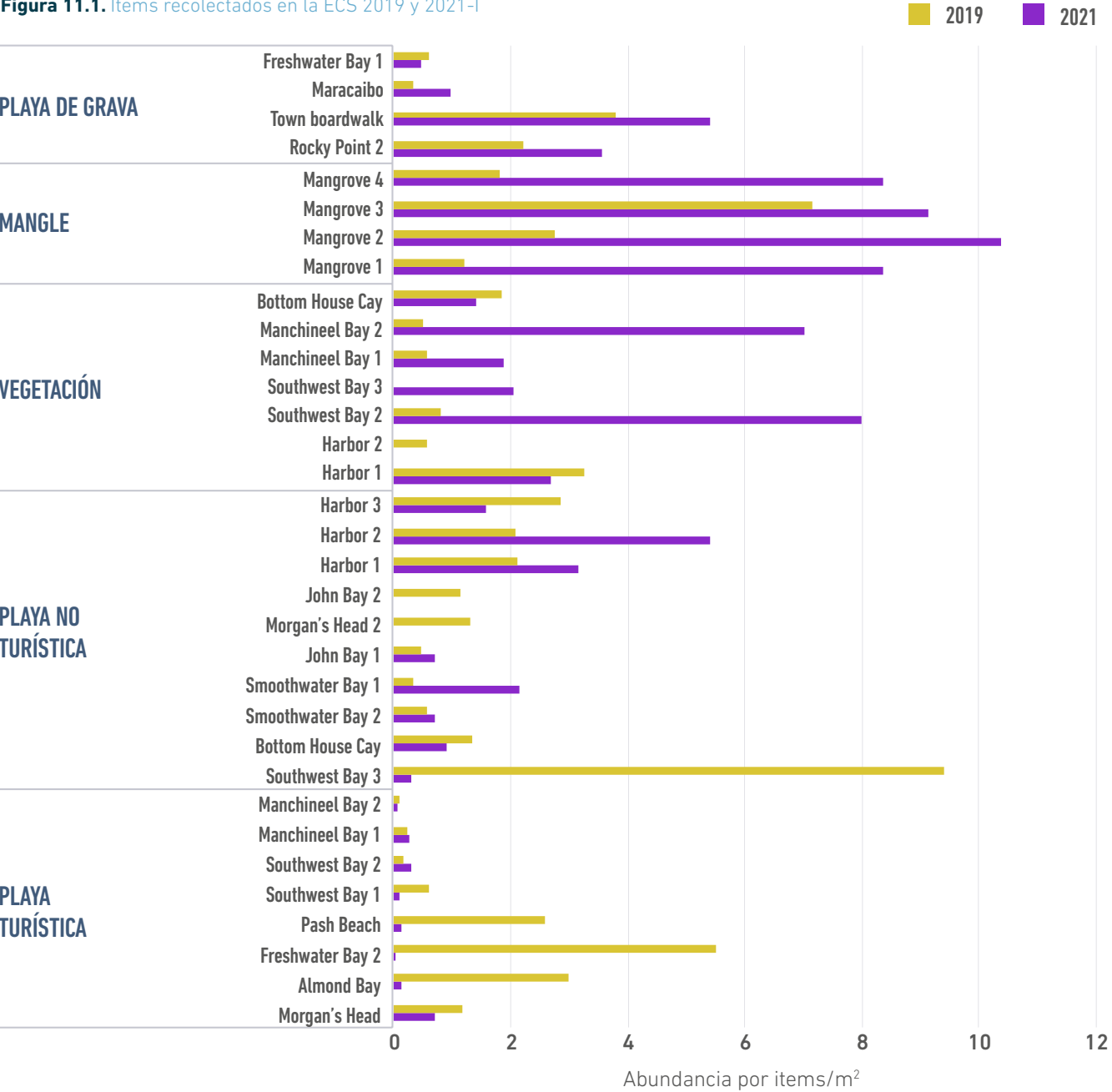
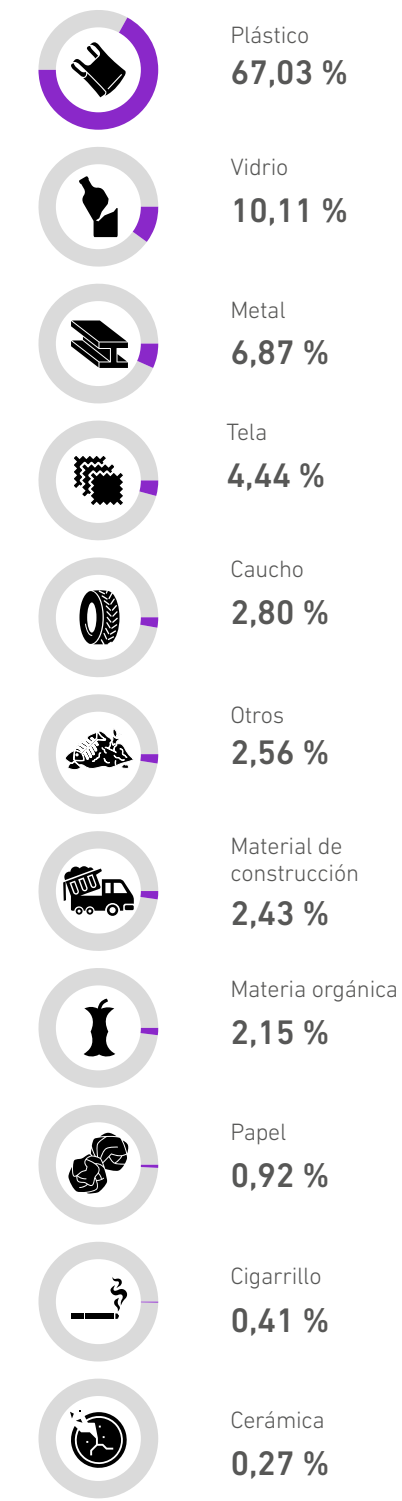


Figura 11.2. Ítems recolectados en la ECS 2021-I



Gestión de la basura marina y perspectivas futuras

La gestión de los residuos y las perspectivas futuras son temas cruciales que emergen del análisis de la distribución de la basura marina en Old Providence y Santa Catalina. Este estudio ha sido fundamental para comprender las tendencias en la composición y acumulación de basura marina, así como para identificar patrones derivados de las actividades humanas. A pesar de la devastación causada por los huracanes Eta e Iota, se observó que la densidad de basura marina se mantiene por debajo de los niveles encontrados en otras islas turísticas del mundo. Sin embargo, es preocupante constatar la presencia de numerosos residuos, especialmente en áreas urbanas y en las vías circundantes de las islas, ya que estos pueden ser arrastrados por la escorrentía pluvial hacia áreas sensibles como las playas, manglares y arrecifes de coral.

Es importante destacar que, si bien una parte significativa de la basura marina puede tener origen externo, también se ha identificado basura marina de origen local, particularmente asociada con las principales actividades económicas como el turismo y la pesca. Estos datos, recopilados durante

la Expedición Científica Seaflower 2019 y 2021, subrayan la necesidad de acciones locales para abordar la gestión de residuos de manera integral.

Estos hallazgos proporcionan información valiosa sobre el impacto de los huracanes en la distribución y densidad de la basura marina a lo largo de las islas. La atención se centra en la necesidad de un seguimiento continuo y una gestión eficaz de los ecosistemas para mitigar los efectos negativos de los fenómenos climáticos extremos y garantizar la sostenibilidad ambiental a largo plazo, y en esa medida se requiere una respuesta seria y coordinada para abordar el problema de los residuos de las islas.

Las estrategias de comunicación efectivas, los programas de reciclaje y la limpieza de playas son acciones claves para reducir los impactos negativos en los ecosistemas marinos y garantizar políticas regulatorias efectivas. Además, colaborar en iniciativas regionales e internacionales mejorará la eficacia de los esfuerzos locales y promoverá un enfoque global para la gestión. Estas medidas ayudarán a preservar la biodiversidad de las islas, que también beneficiarán a las comunidades locales y promoverán un medio ambiente saludable para las generaciones futuras.

SIGFlower

Sistema de información geográfico de la Reserva de Biósfera Seaflower

Paola Echeverry

Infraestructura de Datos Especiales Marítima, Fluvial y Costera
Dirección General Marítima

¿La ciencia es solo asunto de científicos? La respuesta inmediata podría ser que sí, que es muy compleja y que jamás la entenderemos: ictiología, genética, elasmobranchios, equinodermos, corales escleractíneos, microbiota endófitas... ¡Eso no lo entiende nadie! Sin embargo, no es así. La ciencia es la herramienta que el ser humano ha creado para explicar todo tipo de fenómenos, aplicando el conocimiento en su beneficio. Los avances científicos nos permiten hallar soluciones a los nuevos desafíos económicos, sociales y medioambientales con los que construir un futuro sostenible, y ejercen un papel tan importante en la sociedad y en nuestra vida cotidiana que se hace necesario involucrar a los diferentes sec-

tores en los debates sobre temas científicos emergentes. (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco], 2023a). Es por esto por lo que, para celebrar y resaltar la relación entre la ciencia y la sociedad, las Naciones Unidas celebran desde el año 2002, cada 10 de noviembre, el Día Mundial de la Ciencia para la Paz y el Desarrollo.

Realmente, es un gran reto para la ciencia lograr la participación ciudadana para alcanzar un mayor nivel de conocimiento que involucre el científico, el vivencial, el cultural y el ancestral. Es esencial fomentar las experiencias de los ciudadanos, ampliar el conocimiento y generar mayores

perspectivas en las ciencias para que se desarrollen políticas reguladoras más sólidas, eficaces y de confianza. La ciudadanía debe comprender cuáles son los efectos sociales de la investigación científica. La apropiación social del conocimiento científico pretende crear una sociedad con conocimientos sólidos y colaborativos que permita tomar decisiones responsables basadas en los recursos naturales y en la sostenibilidad (Unesco, 2018).

Involucrar a la sociedad en la ciencia es fundamental para que los individuos tengan los conocimientos necesarios y, así, puedan tomar decisiones multifacéticas diarias, ya sea políticas, económicas o personales, de forma informada. También es fundamental para que la misma ciencia responda de forma certera a los requerimientos de la sociedad, considerando sus propios saberes, sus expectativas, su cultura y sus costumbres. Para esto es necesario generar confianza en ella, asunto sumamente complejo que afecta la forma en que operan los científicos y la forma en que la sociedad los percibe a ellos, sus descubrimientos y recomendaciones (Unesco, 2023b).

Una de las estrategias para generar estos acercamientos es disponer de forma abierta la ciencia, entendiéndose como un derecho humano. La ciencia abierta es un conjunto de principios, valores y prácticas que tienen como objetivo hacer que la investigación científica de todos los campos sea accesible para todos en beneficio de los científicos y de la sociedad en su conjunto. Esta consiste en garantizar no solo que el conocimiento científico sea accesible, sino también que la producción de ese conocimiento en sí sea inclusiva, equitativa y sostenible para todos a niveles individual, institucional, nacional, regional y mundial (Unesco, 2023c).

En concordancia con estas iniciativas sobre el papel de la ciencia en la sociedad y de la importancia de la ciencia abierta, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) formuló el Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030 con el objetivo de lograr «la ciencia que necesitamos para el océano que queremos» impulsando soluciones transformadoras de ciencias oceánicas para el desarrollo sostenible, conectando a las personas con el océano. El Decenio de las Ciencias Oceánicas tiene siete metas que van desde la limpieza del océano hasta la accesibilidad y equidad en la información, destacando la complejidad e interconexión de los desafíos relacionados con los océanos. La meta sobre un océano accesible puede considerarse como transversal al resto ya que busca brindar acceso abierto y equitativo de datos, información, tecnología e innovación. De tal manera, SIGFlower es una respuesta concreta y específica a las siete metas establecidas por el Decenio, promoviendo el conocimiento y desarrollo en torno al océano por medio de la creación de un sistema de representación global digital del océano que brinda un acceso gratuito y abierto a la exploración, el descubrimiento y la visualización de las condiciones pasadas, actuales y futuras de la Reserva de Biósfera Seaflower.





Lograr la apropiación social del conocimiento generado en el marco de las Expediciones Científicas Seaflower depende de dos actores con igualdad de responsabilidades. Por un lado, los investigadores y las organizaciones deben fomentar espacios de acercamiento a la comunidad con herramientas de difusión y, por el otro lado, la comunidad debe estar abierta a recibir y entender el conocimiento, aunque este tenga un lenguaje científico y/o técnico. SIGFlow es una herramienta diseñada precisamente para esto: no solo se busca crear una forma de divulgación científica basada en tecnología geomática, sino acercar el conocimiento en doble vía con la comunidad mediante difusión a través de mapas y aplicaciones que permiten generar sus propios análisis y tomar decisiones de forma autónoma.

¿Qué es SIGFlow?

Liderado por la Dirección General Marítima, SIGFlow nació en el 2018, en el marco de la Expedición Científica Seaflower en la isla cayos de Albuquerque. Es una herramienta para la gestión del conocimiento científico, cultural y social de la Reserva de Biósfera Seaflower que, por medio de la implementación de un sistema de información geográfica (SIG), busca crear un esquema de base de datos geográficos para almacenar e integrar diversos resultados de los proyectos de investigación de la Expedición Científica Seaflower, crear geoaplicaciones para la recolección y el análisis de datos, y el diseño de un ambiente geomático para articular el conocimiento ancestral y científico.

SIGFlow se construyó de acuerdo con los estándares de la Infraestructura de Datos Espaciales Marítima, Fluvial y Costera de la Dirección General Marítima para proporcionar representaciones precisas de la ubicación y el espacio de las características marinas. El sistema da cumplimiento al CONPES 3990, Colombia Potencia Bioceánica, y aporta a los lineamientos de la Década del Océano y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a través de la disposición de herramientas geomáticas para la gestión de datos, información y conocimiento integrado entre científicos, tomadores de decisiones, formuladores de políticas públicas y la comunidad. De igual forma, SIGFlow incluye datos y conocimiento en las áreas de biología, oceanografía, hidrografía, sociología, entre otras.

¿Qué información ha recopilado SIGFlow?

El principal resultado de SIGFlow es el SIG en sí, el cual continúa alimentándose con datos, información y conocimiento que se genera a lo largo del tiempo de las Expediciones Científicas Seaflower. De tal manera, el sistema está conformado por los siguientes componentes:

- **Base de datos geográfica** estructurada, que contiene todos los puntos, las líneas y las áreas de muestreo de los proyectos desarrollados en las Expediciones Científicas Seaflower. Esta base de datos está diseñada de acuerdo con los estándares de ArcMarine y tiene como objetivo proporcionar representaciones precisas de la ubicación y el espacio de las características marinas, permitiendo realizar análisis espaciales complejos que consideren no solo el factor espacial, sino también el temporal.
- **Talento humano** que construye, alimenta y mantiene el sistema, constituido por el equipo de la Infraestructura de Datos Espaciales Marítima, Fluvial y Costera de la Dirección General Marítima y la Comisión Colombiana del Océano. Estas personas asesoran la construcción y las mejoras de SIGFlow, así como decenas de científicos y comunidad experta que lo alimentan con los resultados de sus proyectos de investigación.
- **Geoaplicaciones de geoanálisis y difusión** que combinan las capacidades científicas y tecnológicas de los proyectos de investigación para medir las variables biológicas y físicas con la tecnología geomática para ayudar a comprender mejor las dinámicas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Estas aplicaciones incluyen la recopilación de datos, visualización de información y simulaciones y modelados complejos.
- **Datos, información y conocimiento** en las áreas de biología, oceanografía, hidrografía, sociología, cultural y otras más, producida por diferentes actores de la Reserva de Biósfera Seaflower.

SIGFlow como respuesta a retos científicos

Un SIG, como cualquier sistema, es un «ecosistema» conformado por varios componentes interrelacionados e interdependientes.

Las herramientas geomáticas para la planeación de actividades de campo, captura de datos *in situ*, almacenamiento de datos y difusión de resultados son solo una parte de SIGFlow. Los resultados posteriores al análisis de datos son conservados en la base de datos y divulgados a través de esta herramienta integradora, que permite la producción de nuevo conocimiento derivado.

De igual manera, los actores involucrados en la ECS, tanto los coordinadores como los investigadores y los ejecutores del proyecto SIGFlow, son parte activa de esta iniciativa y, desde sus roles, hacen posible que este conocimiento llegue a la comunidad a través de vías diferentes a las disponibles dentro de los proyectos de investigación individuales.



Para visitar
SIGFlow, escanee
el código QR

Referencias

Brooks, E. J., Sims, D. W., Danylchuk, A. J. y Sloman, K. A. (2013). Seasonal abundance, philopatry and demographic structure of Caribbean reef shark (*Carcharhinus perezii*) assemblages in the north-east Exuma Sound, The Bahamas. *Marine Biology*, 160, 2535-2546.

De Jesus, A. Y. R., Conrado, A. L. V., De Melo, L. F. y Bruno, C. E. M. (2017). Características morfológicas del sistema reproductor de los machos de elasmobranquios. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(9), 1-9.

Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., Oosterbaan, L., Nilsson, P., Fleet, D., y Al., E. (2013). *Monitoring guidance for marine litter in European Seas*. Comisión Europea. <https://dx.doi.org/10.2788/99475>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH). (2021). *Expedición Cangrejo Negro. Isla de Providencia. 17 al 24 de enero de 2021*. IAvH. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35734>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH). (2022). *El bosque seco tropical en Colombia*. IAvH. <http://biblioteca.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia>

Invemar. (2021). *Plan de rehabilitación de los manglares de providencia: propuesta de actividades y cronograma año 2021*. Ministerio del Medio Ambiente.

Michot, T. C., Burch, J. N., Arrivillaga, A., Rafferty, P. S., Doyle, T. W., y Kemmerer, R. S. (2002). *Impacts of Hurricane Mitch on seagrass beds and associated shallow reef communities along the Caribbean coast of Honduras and Guatemala*. US Department of the Interior, US Geological Survey.

Parques Nacionales Naturales (2024). Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon <https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/es/ecoturismo/parques/region-caribe/parque-nacional-natural-old-providence-mcbean-lagoon/>

Pizano, C. y García, H. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. IAvH.

Comisión Colombiana del Océano. (2018). *Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros*. PNOEC.

Portz, L., Manzolli, R. P., Villate-Daza, D. A. y Fontán-Bouzas, Á. (2022). Where does marine litter hide? The Providencia and Santa Catalina island problem, seaflower reserve (Colombia). *Science of the Total Environment*, 813, 151878.

Portz, L., Manzolli, R. P. y Garzon, N. (2018). Management priorities in San Andres Island beaches, Colombia: Associated risks. *Journal of Coastal Research*, 85. <https://doi.org/10.2112/SI85-285.1>

Portz, L., Manzolli, R. P., Vasquez, G. V., Laiton, L., Villate, D. A. e Ivar do Sul, J. A. (2020). Marine litter arrived: Distribution and potential sources on an unpopulated atoll in the Seaflower Biosphere Reserve, Caribbean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111323>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). (2005). *Marine Litter: An Analytical Overview*. United Nations Environment Programme.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) (2009). *Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter (Regional S)*. United Nations Environment Programme / Intergovernmental Oceanographic Commission.

SeaGIS. (2009). *CAL user guide, version 1.32*. SeaGIS.

Simmons, K. R., Eggleston, D. B. y Bohnenstiehl, D. R. (2021). Hurricane impacts on a coral reef soundscape. *PloS ONE*, 16(2), e0244599.

Unesco. (2018). *Cultura oceánica para todos. Kit pedagógico*. Unesco.

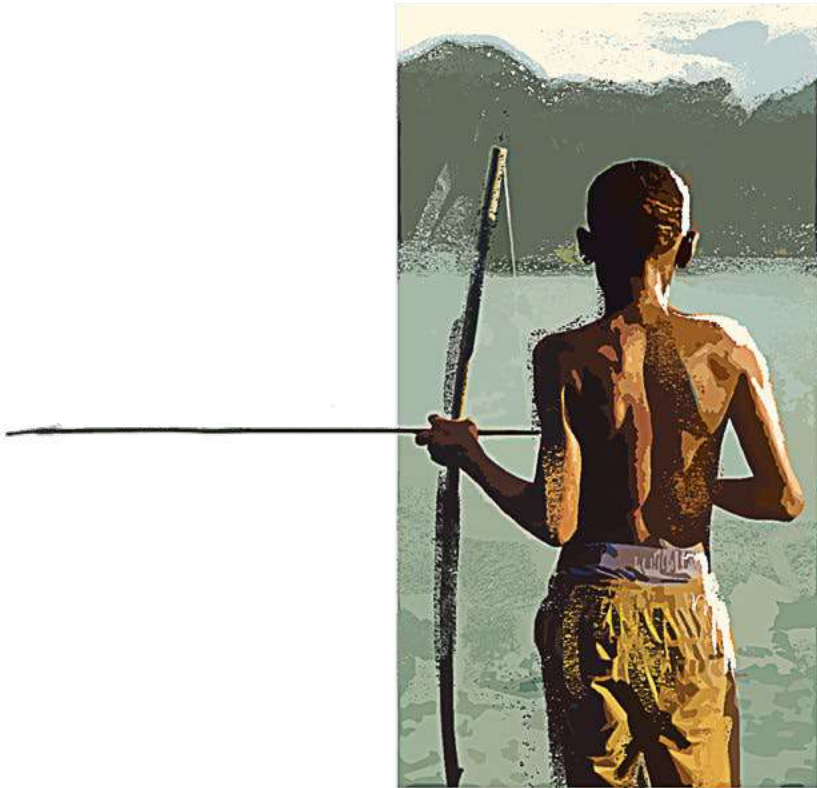
Unesco. (2023a). *Día Mundial de la Ciencia para la Paz y el Desarrollo*. <https://www.unesco.org/es/days/science-peace-development#theme>

Unesco. (2023b). *Generar confianza en la ciencia en el nexo entre ciencia, política y sociedad*. <https://www.unesco.org/en/articles/building-trust-science-nexus-science-policy-and-society>

Unesco. (2023c). *Recomendación de la Unesco sobre ciencia abierta*. <https://www.unesco.org/en/open-science/about>



Para más
información
scanee el QR



Cofinanciadores:

