



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

RESIDENCIA, PATRONES DE MOVIMIENTO Y USO DE HÁBITAT DE DOS  
ESPECIES DE PARGO (LUTJANIDAE) EN UNA BAHÍA TROPICAL MEDIANTE  
MONITOREO ACÚSTICO Y CIENCIA CIUDADANA

RESIDENCY, MOVEMENT PATTERNS AND HABITAT USE OF TWO SPECIES  
OF SNAPPER (LUTJANIDAE) IN A TROPICAL EMBAYMENT THROUGH  
ACOUSTIC MONITORING AND CITIZEN SCIENCE”

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Posgrado en  
Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales para optar al grado y título de  
Maestría Académica

LUCÍA VARGAS ARAYA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2023

## **DEDICATORIA**

A las comunidades del cantón de La Cruz con las que tuve el privilegio de trabajar durante esta investigación. Su curiosidad, su profunda conexión con el océano, su compromiso con el cambio positivo y su activismo comunitario me inspiran. En reconocimiento a su papel vital como guardianes de nuestra biodiversidad marina. Este trabajo está dedicado a ustedes, la fuerza impulsora detrás de la iniciativa Ciencia Ciudadana Marina Santa Elena (CC-MAR Santa Elena).

## AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, a mi papá, mi hermana y a Tavo por su amor, su apoyo incondicional y constante expresado de muchas maneras en el proceso. A mis amistades cercanas y familiares también por su apoyo y sus consejos.

A mi tutor, Mario Espinoza, por las enseñanzas y la dedicación de tiempo y esfuerzo en todas las etapas de esta tesis. También le agradezco por su confianza e impulsarme a sacar el máximo provecho de este proceso. A los miembros de mi comité de tesis, Vladimir González y Jordan Matley por sus valiosas observaciones, enseñanzas y acompañamiento. A Vladimir González por sus valiosas enseñanzas en mis primeros pasos en ciencias sociales y a cargo de procesos participativos. A Chepe Alvarado, director de la maestría, por su empatía, paciencia y su guía. Agradezco a Aaron Fisk de University of Windsor por la colaboración y financiamiento que hizo posible el componente de telemetría acústica de la investigación. A la Costa Rica Wildlife Foundation que también facilitó el financiamiento de este proyecto. Al Área de Conservación Guanacaste (ACG-SINAC) y al Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA) por los permisos, su apertura y participación en el proyecto. Igualmente, a las personas, ONGs y empresas que brindaron apoyo económico para el componente de ciencia ciudadana mediante donaciones de materiales y/o procurar presencia de su personal para que se sumaran a los esfuerzos de pesca científica. Específicamente: Restaurante Arrecife, Amstar DMC, Corredor Turístico La Cruz, Asociación Costa Rica por Siempre, Hotel Dreams Las Mareas, Unlimited Vacation Club, Morpho Travel Experience, Tico Braid, Jova Lures, GI Lures, Tico Lures, JFI Fishing Experience, Cuajiniquíl Tours, Territorio de Pesca Bataan, El Pique La Casa del Pescador, Comercializador Mario Rojas, Camping Club, Rainforest Publications, Tico Souvenirs, Green Baldi, Mig Mike, Guanacaste Fly Fishing.

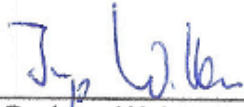
A los capitanes y marineros Minor Lara, Steven Lara, Minor Lara Angulo (de Cuajiniquíl Diving Center), Aníbal Lara (Snorkeling Cuajiniquíl), Keylor Fernández

(Ocean Dreams Tours), Esteban Artavia (Zeneira Tours/North Pacific Adventures), José Guerrero (North Pacific Adventures), Víctor Lara (Vilara's Tours) que asistieron en el trabajo de campo con gran profesionalismo y también por compartir su conocimiento y su habilidad en el mar. Gracias también a los pescadores y/o colegas Fausto Arias, Jorge Valerio, Isaac Chaves, Freddy Ampié, Michael Castro. Elissa Arroyo, Lissy Ruiz, Tejas Patel, y Camila Valverde que también colaboraron en campo. A Ivannia Angulo e Ivannia Lara por mantenernos siempre con energía con sus deliciosas comidas y por su paciencia para proveernos la alimentación de campo desde temprano en las madrugadas y en las noches para muchas personas científicas ciudadanas. A Steven Lara por sus fotografías maravillosas de y para el proyecto. A Frank Joyce por creer en, y constantemente, ofrecer apoyo al proyecto.

Gracias especiales a mis compañeras y compañeros del laboratorio: Verónica Valverde, quien llevó conmigo este proceso de la mano de principio a fin, su apoyo fue clave. Igualmente, a Paola Díaz quien llegó más adelante a acompañarnos en el proceso. A Marta Cambra, Jorge Valerio, Tatiana Araya e Isaac Chaves por tantos consejos desde su experiencia. A Camila Rodríguez y Sofía Garro por su ayuda en la transcripción de audios de los talleres. A quienes apoyaron la facilitación en los talleres como Nathalie Goebel, Sofía Garro, Isaac Chaves, Fausto Arias. También a mis compañeras de la maestría GIACT, por el círculo de apoyo que fomentaron. Agradezco mucho a mi amigo Ronny Hernández por su tiempo para darme lecciones de R y su empuje en general, principalmente en la recta final.

A quienes creyeron en el proyecto que dio origen a Ciencia Ciudadana Marina Santa Elena (CC-MAR) y que hicieron que este proyecto fuera más allá de esta tesis. El aporte de CC-MAR es invaluable, conté con un grupo de apoyo inusualmente grande para llegar a este producto. A Lissy Ruiz, Christian Zúñiga, Gabriel Sibaja, Gretel Vega, Olger Vega, Aren Ampié, Minor Lara Angulo y a Roberto Rojas, por inspirarme con su solidaridad, su energía, su conocimiento y su trabajo diario en pro del cambio positivo para sus comunidades y por el mar. Su inspiración y trabajo en equipo fue un impulso clave para concluir la tesis.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica.



---

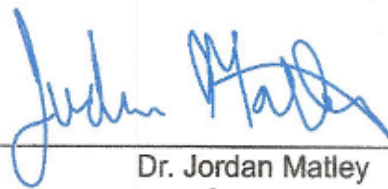
Dr. Irigo Wehrtmann

**Representante de la Decana Sistema de Estudios de Posgrado**



---

Dr. Mario Espinoza Mendiola  
**Director de Tesis**



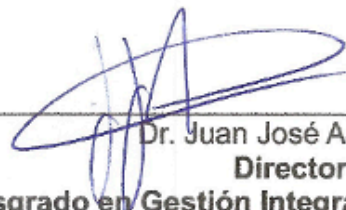
---

Dr. Jordan Matley  
**Asesor**



---

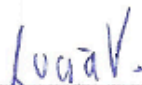
Dr. Vladimir González Gamboa  
**Asesor**



---

Dr. Juan José Alvarado  
**Director**

**Programa de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales**



---

Lucía Vargas Araya  
**Sustentante**

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
TABLA DE CONTENIDO .....	VI
LISTA DE CUADROS .....	VIII
LISTA DE FIGURAS .....	X
RESÚMENES .....	XIV
ABSTRACTS .....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XX
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XXXVIII
CAPÍTULO 1.....	1
RESIDENCY, MOVEMENTS AND HABITAT USE OF TWO SNAPPER SPECIES IN A TROPICAL ESTUARINE EMBAYMENT SUBJECTED TO A SEASONAL UPWELLING .....	1
1. INTRODUCTION .....	3
2. MATERIAL AND METHODS .....	6
3. RESULTS.....	15
4. DISCUSSION.....	29
5. ACKNOWLEDGEMENTS .....	36
6. BIBLIOGRAPHY .....	37
7. SUPPLEMENTARY INFORMATION.....	48
CAPÍTULO 2.....	52
REVELANDO EL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE ESPECIES DE PARGOS (LUTJANIDAE) MEDIANTE UN ENFOQUE DE CIENCIA CIUDADANA MARINA	52
1. INTRODUCCIÓN .....	54
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	57

3. RESULTADOS .....	63
4. DISCUSIÓN .....	68
5. AGRADECIMIENTOS .....	74
6. BIBLIOGRAFÍA .....	75
7. ANEXOS .....	84
CAPÍTULO 3.....	86
CIENCIA CIUDADANA PARA EL MONITOREO PARTICIPATIVO DE PECES: PROTOCOLO CREADO MEDIANTE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN .....	86
1. INTRODUCCIÓN .....	88
2. MÉTODOS .....	91
3. RESULTADOS .....	102
4. DISCUSIÓN .....	120
5. AGRADECIMIENTOS .....	129
6. BIBLIOGRAFÍA .....	130
7. ANEXOS .....	136
CONCLUSIONES .....	235

## LISTA DE CUADROS

### CAPÍTULO 1

Table 1. Environmental and temporal predictor variables considered as fixed effects for probability of occurrence generalized additive mixed models (GAMM). ..... 13

Table 2. Summary of the Colorado snapper *Lutjanus colorado* (LCO) and the Pacific dog snapper *L. novemfasciatus* (LNO) that were monitored in Santa Elena Bay, north Pacific coast of Costa Rica, from November 2020 to August 2022. RI – Residency index (number of days detected relative to the number of days monitored); RoI – Roaming indexes (number of receivers an individual was detected relative to the total number of receivers available for monitoring); I – immature; M – mature. .... 19

Table 3. Summary of generalized additive model (GAM) used to evaluate differences in abundance across habitats and months for the Colorado (*Lutjanus colorado*) and Pacific dog (*L. novemfasciatus*) snappers monitored inside Santa Elena Bay, north Pacific coast of Costa Rica. .... 25

Table 4. Summary of selected generalized additive mixed model (GAMM) of the effects of multiple drivers on probability of occurrence for the Colorado (*L. colorado*) in the Santa Elena Bay, Costa Rica, from January 2021 until August 2022. .... 26

Table 5. Summary of selected generalized additive mixed model (GAMM) of the effects of multiple drivers on probability of occurrence for the dog snapper (*L. novemfasciatus*) in the Santa Elena Bay, Costa Rica, from January 2021 until August 2022. .... 28

### CAPÍTULO 2

Cuadro 1. Resumen de capturas totales de peces y esfuerzo de muestreo en eventos de pesca-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena. .... 63

Cuadro 2. Abundancia de pargos capturados durante los tres eventos de pesca científica. ....	64
--	----

### CAPÍTULO 3

Cuadro 1. Dinámicas participativas y técnicas aplicadas para identificar aspectos de viabilidad del monitoreo participativo. La información preliminar de cada taller fue la base de talleres subsecuentes. ....	96
--	----

Cuadro 2. Resumen de talleres y eventos piloto de monitoreo de peces .....	103
--	-----

Cuadro 3. Acciones sugeridas por los participantes para obtener los principales beneficios esperados por ellos mismos y las tareas identificadas tras el análisis para incluir en el protocolo.....	111
---	-----

Cuadro 4. Resumen de la lluvia de ideas de asignación de roles dentro de las tareas del protocolo de monitoreo basado en ciencia ciudadana. ACG: Área de Conservación Guanacaste. CETUR: Cámara de Empresarios Turísticos de La Cruz. ....	113
--	-----

# LISTA DE FIGURAS

## CAPÍTULO 1

Figure 1. Acoustic array at the Marine Management Area Santa Elena Bay, northwestern Pacific of Costa Rica. Regions of the bay classified as A: Mangrove, B: Transitional, C: Reef.....7

Figure 2. Reference temporal series of accumulated rain and mean wind speed obtained from weather stations (No. 72153 and No. 72191 respectively, Instituto Meteorológico Nacional – IMN) and mean water temperature measured with temperature loggers placed throughout the Santa Elena Bay. SEB: Santa Elena Bay. ....8

Figure 3. Mean hourly detection frequency ( $\pm$  SE) of (A) sentinel tags, (B), Colorado snapper (*L. colorado*), and (C) Pacific dog snapper (*L. novemfasciatus*) at the three different regions within the Santa Elena Bay. Shaded areas represent nighttime hours..... 16

Figure 4. Detection plot for the Colorado snapper (*Lutjanus colorado*) and the Pacific dog snapper (*L. novemfasciatus*) monitored between November 2020 and August 2022. Shaded area indicates approximate period when multiple receivers had dead batteries..... 17

Figure 5. Examples of individual detection plots of the colorado snapper (LCO – *L. colorado*). Location and sum of total detections per receiver in the Santa Elena Bay (left) and detections at different stations through the monitoring period (right) of four individuals. Total length of fish indicated in parenthesis next to individual tag code. Arrows indicate periods of detection gaps of at least one week.....21

Figure 6. Examples of individual detection plots of the pacific dog snapper (LNO – *L. novemfasciatus*). Location and sum of total detections per receiver in the Santa Elena Bay (left) and detections at different stations through the monitoring period (right) of four individuals. Total length of fish indicated in parenthesis next to

individual tag code. Arrows indicate periods of detection gaps of at least one week.  
 .....22

Figure 7. Map of the number of total individuals detected at the different receiver in the Santa Elena Bay for the colorado (LCO – *L. colorado*) and the pacific dog snapper (LNO – *L. novemfasciatus*). .....23

Figure 8. Predicted number of individuals detected across habitats over time in the Santa Elena Bay based on Generalized Additive models (GAMs) for (A) the Colorado (*Lutjanus colorado*) and (B) the Pacific dog snapper (*L. novemfasciatus*). Shaded regions correspond to approximate upwelling season. ....24

Figure 9. Response curves of the smooth terms included in the selected generalized additive mixed model (GAMM) for the Colorado (*L. colorado*) probability of occurrence. Shaded areas represent 95% IC. ....27

Figure 10. Response curves of the smooth terms included in the selected generalized additive mixed model (GAMM) for the pacific dog snappers (*L. novemfasciatus*) probability of occurrence. Shaded areas represent 95% IC. ....28

## CAPÍTULO 2

Figura 1. Zonificación del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, Pacífico norte de Costa Rica. Fuente: SINAC (2017). .....58

Figura 2. Mapa utilizado durante los eventos de pesca científica. ....60

Figura 3. (A) Riqueza específica y (B) abundancia acumulada de capturas de peces por familia por ambiente registradas durante los eventos de pesca-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena. ....64

Figura 4. Frecuencia de tallas de las especies de pargo capturadas durante eventos de pesca-liberación basados en ciencia ciudadana en el Área Marina de Manejo

Bahía Santa Elena, Pacífico norte de Costa Rica. Línea punteada representa la talla reportada de madurez encontrada en la literatura. No se encontró talla de madurez reportada para *L. aratus*. .....65

Figura 5. Distribución de tallas de las especies de pargos capturados durante los eventos de pesca-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.....66

Figura 6. Distribución de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE\*1000) de los pargos en los diferentes hábitats del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.67

Figura 7. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE\*1000) de los pargos en los diferentes eventos de monitoreo en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena. ....67

### **CAPÍTULO 3**

Figura 1. Área Marina de Manejo (AMP) Bahía Santa Elena, ubicada en el Golfo de Santa Elena, Pacífico norte de Costa Rica. ASP – Área Silvestre Protegida; RNVS – Refugio Nacional De Vida Silvestre.....92

Figura 2. Etapas del proceso de investigación-acción implementado para integrar ciencia ciudadana al monitoreo de especies de peces de interés comercial con la técnica de pesca-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.....93

Figura 3. Elementos de viabilidad para la integración de la ciencia ciudadana al protocolo de monitoreo de peces basado en la técnica de pesca liberación del del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena. ....95

Figura 4. Proceso de sistematización de la información recopilada basado en la codificación inductiva..... 101

Figura 5. Resumen de actores representados el proceso participativo de la fase de acción de la investigación. ACG: Área de Conservación Guanacaste. CETUR:

Cámara de Empresarios Turísticos de La Cruz. CTC: Corredor Turístico La Cruz. INCOPESCA: Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. ONG: Organización no gubernamental. SNG: Servicio Nacional de Guanacaste.....	103
Figura 6. A) Categorización de motivaciones de los participantes obtenidos de la dinámica lluvia de ideas de beneficios esperados y subcategorías. B) Frecuencia de mención de información asociada a cada categoría principal. ....	106
Figura 7. Resultados del análisis FODA para participar de la iniciativa de monitoreo con enfoque de ciencia ciudadana. ....	108
Figura 8. Resultados sistematizados de la dinámica de matriz tipo tríptico sobre identidad y normas de trabajo grupal. ....	109
Figura 9. Esquema del contenido del protocolo de monitoreo propuesto basado en ciencia ciudadana. Elaborado en un proceso participativo tras las fases de acción y planificación del enfoque de investigación-acción.....	119

## RESÚMENES

*Capítulo 1. Residencia, movimientos y uso del hábitat de dos especies de pargos en una bahía estuarina tropical sometida a un afloramiento estacional.* Las condiciones ecológicas y ambientales son determinantes importantes del uso del espacio para los peces; por lo tanto, comprender cómo las especies explotadas comercialmente se mueven y utilizan hábitats específicos, particularmente en entornos dinámicos, es esencial para una gestión y conservación pesquera eficientes. Este estudio examinó los patrones de residencia y uso del hábitat de los pargos colorado (*Lutjanus colorado*) y del dientón (*L. novemfasciatus*) en la Bahía Santa Elena, una bahía estuarina influenciada por una fuerte surgencia estacional en la costa del Pacífico norte de Costa Rica. Se colocaron 28 recibidores acústicos durante 22 meses para monitorear la residencia y el uso del hábitat de ambas especies dentro de Bahía Santa Elena. Ambas especies fueron detectadas durante el 60% de los días de monitoreo dentro de la bahía, principalmente en hábitats de manglar y estuarino de transición. Se observó un cambio en los patrones de uso de hábitat durante el período de estudio, donde los individuos de ambas especies se trasladaron de las áreas internas y medias con hábitats de manglar y estuario de transición hacia hábitats exteriores arrecifales de la bahía. Además, durante los meses de surgencia (diciembre a mayo), ambas especies exhibieron una mayor probabilidad de ocurrencia, lo cual fue consistente par ambos años de monitoreo. Nuestros hallazgos resaltan el papel que desempeña Bahía Santa Elena como hábitat esencial de peces para especies comercialmente importantes. El movimiento y la conectividad del hábitat de *L. colorado* y *L. novemfasciatus* en diferentes escalas espaciales y temporales pueden facilitar la transición entre etapas de vida, apoyando así procesos ecológicos clave como el crecimiento, la emigración y, en última instancia, la reproducción. Nuestros resultados también mostraron una interacción compleja de variabilidad ontogenética y estacional en los patrones de residencia y uso del hábitat de ambas especies de estudio, lo cual es crucial para informar el manejo y la conservación.

*Capítulo 2. Revelando el comportamiento espacial de especies de pargos (Lutjanidae) mediante un enfoque de ciencia ciudadana marina.* La ciencia ciudadana se está incorporando con más frecuencia en investigaciones marinas que involucran a pescadores en la aplicación de monitoreos biológicos. Las iniciativas de ciencia ciudadana marina pueden ampliar la escala espacial y temporal en que se recolectan datos de especies de interés comercial, contribuyendo de esta forma a mejorar la gestión integral de los recursos marinos. Este estudio determinó la distribución espacial de las especies de pargos (Lutjanidae) en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena (AMM-BSE), ubicada en el Pacífico Norte de Costa Rica, mediante un enfoque de ciencia ciudadana marina. Para esto se realizaron tres eventos de pesca-liberación en los que participaron diferentes sectores, incluyendo tour-operadores locales, representantes de instituciones gubernamentales, miembros de las comunidades costeras, y turistas. A lo largo de todos los torneos se registraron 268 individuos de 30 especies de peces. Los pargos representaron el 46% de las capturas totales, las cuales estuvieron distribuidas en seis especies; el pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) y pargo dientón (*L. novemfasciatus*) fueron las especies más abundantes. La mayoría de los pargos capturados estaban por debajo de la talla de primera madurez sexual. La proporción de las especies varió espacial y temporalmente a lo largo de los eventos de pesca-liberación. Nuestros resultados demuestran la importancia del AMM-BSE como un hábitat clave para diferentes especies de pargo en estadios tempranos de vida. La implementación del enfoque de ciencia ciudadana marina demostró ser efectiva para generar información sobre la distribución de pargos en la bahía y con potencial de continuar implementándose para apoyar el monitoreo del área.

*Capítulo 3. Ciencia ciudadana para el monitoreo participativo de peces: protocolo creado mediante investigación-acción.* La ciencia ciudadana comunitaria se está consolidando como una herramienta eficaz y de bajo costo para apoyar el monitoreo biológico. Al permitir la colecta de datos a mayor escala, la ciencia ciudadana ayuda a mejorar de manera más rápida el conocimiento sobre la biodiversidad y el estado de los recursos marinos y a un menor costo. Además, la ciencia ciudadana implica

un proceso educativo y cambios de actitudes que puede potenciar la protección de los recursos. El objetivo de este estudio fue elaborar un protocolo que permita el monitoreo de peces de interés comercial mediante la técnica de pesca-liberación a largo plazo desde un enfoque de ciencia ciudadana comunitaria en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena en el Pacífico Norte de Costa Rica. Se aplicó la investigación-acción para identificar de manera práctica y participativa elementos de viabilidad social, institucional y científica del monitoreo mediante reuniones, talleres y eventos piloto de monitoreo. Esto se implementó de manera reiterativa para incorporar retroalimentación en el proceso. El principal actor comunitario meta fueron tour-operadores dedicados a la pesca deportiva, pero se procuró la presencia de otros actores comunitarios e institucionales relevantes. Se identificaron los principales incentivos de participación y las capacidades de diferentes actores para asumir roles dentro del monitoreo basado en ciencia ciudadana. Asimismo, se evaluó su eficiencia para generar la información necesaria del monitoreo y se incorporaron normas institucionales como científicas y de trabajo grupal. La implementación del protocolo propuesto tiene el potencial de continuar generando datos valiosos para la gestión de los recursos de la bahía a un costo que puede ser cubierto con ayuda de los mismos participantes. Sin embargo, la implementación efectiva del protocolo, a largo plazo, dependerá de que se cumplan los beneficios sociales que incentivan la participación de las personas voluntarias, por ejemplo, el acceso al conocimiento y la construcción de capital social.

## **ABSTRACTS**

*Chapter 1. Residency, movements and habitat use of two snapper species in a tropical estuarine embayment subjected to a seasonal upwelling.* Ecological and environmental conditions are important drivers of fish space use, therefore, understanding how commercially exploited species move and use specific habitats, particularly in dynamic environments, is essential for effective fisheries management and conservation. This study examined the residency and habitat use patterns of the Colorado (*Lutjanus colorado*) and the Pacific dog (*L. novemfasciatus*) snappers in Santa Elena Bay, a large estuarine embayment influenced by a strong seasonal

upwelling in the north Pacific coast of Costa Rica. An array of 28 acoustic receivers was deployed for 22 months to monitor the residency and habitat use of both snappers within Santa Elena Bay. Both species were detected over 60% of the monitoring days inside the bay, mainly in mangrove and transitional estuarine habitats. A shift in habitat use patterns was observed throughout the study period, where individuals of both species moved from mangrove and transitional estuarine habitats in the inner and middle areas of the bay to outer reef habitats. Moreover, during upwelling months (December to May), both species exhibited higher probability of occurrence, which was consistent across monitoring years. Our findings highlight the role that Santa Elena Bay is playing as an essential fish habitat for commercially important species. The movement and habitat connectivity of *L. colorado* and *L. novemfasciatus* over different spatial and temporal scales may facilitate the transition between life-stages, thus supporting key ecological process such as growth, emigration and ultimately reproduction. Our results also showed a complex interaction of ontogenetic and seasonal variability in residency and habitat use patterns of both study species, which is crucial to inform management and conservation.

*Chapter 2. Revealing the spatial behavior of snapper species (Lutjanidae) through a marine citizen science approach.* Citizen science is being incorporated more frequently into marine research involving fishers in the application of biological monitoring. Marine citizen science initiatives can expand the spatial and temporal scale in which data on species of commercial interest are collected, thus contributing to improving the comprehensive management of marine resources. This study determined the spatial distribution of snapper species (Lutjanidae) in the Santa Elena Bay Marine Management Area (AMM-BSE), located in the North Pacific of Costa Rica, through a marine citizen science approach. For this, three catch-release events were held in which different stakeholders participated, including local tour operators, representatives of government institutions, members of coastal communities and tourists. Throughout all the tournaments, 268 individuals of fish 30 fish species were recorded. Snappers represented 46% of the total catches, which

were distributed among six species; yellow snapper (*Lutjanus argentiventris*) and Pacific dog snapper (*L. novemfasciatus*) were the most abundant species. Most of the snappers caught were below the size at first sexual maturity. The proportion of species varied spatially and temporally throughout the catch-release events. Our results demonstrate the importance of the AMM-BSE as a key habitat for different snapper species in early life stages. The implementation of the marine citizen science approach proved to be effective in generating information on the distribution of snappers in the bay and with the potential to continue to be implemented to support monitoring of the area.

*Chapter 3. Citizen science for participatory fish monitoring: protocol created through action research.* Community-based citizen science is establishing itself as an effective and low-cost tool to support biological monitoring. By enabling data collection on a larger scale, citizen science helps improve knowledge about biodiversity and the state of marine resources faster and at lower cost. In addition, citizen science implies an educational process and changes in attitudes that can enhance the protection of resources. The objective of this study was to develop a community-based citizen science protocol for the long-term monitoring of fish of commercial interest using the catch-release technique in the Santa Elena Bay Marine Management Area on the North Pacific Coast. Action research was applied to identify in a practical and participatory manner elements of social, institutional and scientific viability of the citizen science monitoring through meetings, workshops and pilot monitoring events. This was implemented iteratively to incorporate feedback into the process. The main target community audience were tour operators dedicated to sport fishing, but the presence of other relevant community and institutional actors was sought. The main incentives for participation and the capacities of different actors to assume roles within the monitoring based on citizen science were identified. Likewise, its efficiency was evaluated to generate the necessary monitoring information and to incorporate institutional, scientific and group work norms were incorporated. The implementation of the proposed protocol has the potential to continue generating valuable data for the management of the

bay's resources at a cost that can be covered with the help of the participants themselves. However, the effective implementation of the protocol, in the long term, will depend on the fulfillment of the social benefits that encourage the participation of volunteers, for example, access to knowledge and the construction of social capital.

## INTRODUCCIÓN

Las poblaciones de múltiples especies de peces de alto valor económico y ecológico, a lo largo de las regiones costeras tropicales, están disminuyendo debido a la sobrepesca, la degradación del hábitat y el cambio climático (De Young, 2007; FAO, 2022). Comprender cómo los peces se mueven y utilizan hábitats específicos, en particular de poblaciones sometidas a una intensa presión pesquera, será esencial para desarrollar estrategias sólidas de gestión y protección espacial teniendo en cuenta sus necesidades de espacio y hábitat (Moffitt et al., 2009; Allen et al., 2018). Los movimientos, el uso del espacio y la selección del hábitat de los peces están determinados por procesos biológicos y condiciones ambientales dinámicas (Pinsky et al., 2020). Por ejemplo, la historia de vida y la variabilidad ambiental pueden determinar los patrones de movimiento y uso del hábitat de los peces (Erisman et al., 2020; Pinsky et al., 2020; Pörtner et al., 2017). Por lo tanto, estudiar el comportamiento espacial de los peces comerciales en relación con múltiples parámetros biológicos y ambientales es clave para identificar y caracterizar hábitats críticos, así como para predecir cómo responden los peces a condiciones cambiantes (Crossin et al., 2017; Hussey et al., 2015 ). Esto es particularmente relevante en la formulación de estrategias de gestión adaptativa para mantener poblaciones de peces resilientes en un entorno que cambia rápidamente (FAO, 2022; Hussey et al., 2015).

A medida que aumenta la urgencia de disponer de datos que orienten la gestión y la conservación de las pesquerías, es imperativo adoptar enfoques integrados que aprovechen diversas metodologías. Por ejemplo, es necesaria la implementación de técnicas de monitoreo que permitan obtener datos a largo plazo para cuantificar el movimiento de los peces en relación con múltiples factores ambientales en regiones con datos deficientes. La telemetría acústica pasiva es una herramienta poderosa para cuantificar el movimiento de los peces, ya que permite monitorear continuamente múltiples individuos simultáneamente durante largos períodos (Heupel et al., 2006). Así, los datos de telemetría acústica permiten cuantificar métricas relevantes para la gestión espacial y pesquera, como la

residencia de los peces, el uso del espacio, las asociaciones de hábitat, los cambios de uso diario o estacional del hábitat, la dispersión, entre otras (Crossin et al., 2017; McGowan et al., 2017). Además, las redes de telemetría acústica son una herramienta valiosa para mejorar la gestión a mayor escala para evaluar la conectividad (Lédée et al., 2021). Cuando se combinan con mediciones ambientales, los datos de telemetría pueden ayudar a modelar el efecto de múltiples factores biológicos y ambientales en las métricas de movimiento de los peces (Donaldson et al., 2014; Cooke et al., 2016). Sin embargo, los datos de telemetría acústica están limitados por el rango de detección de los monitores acústicos y a los individuos marcados acústicamente. Así, los estudios de telemetría acústica pueden beneficiarse de métodos de monitoreo complementarios (Vianna et al., 2014; Dudgeon et al., 2015).

El monitoreo participativo de los recursos pesqueros está ganando popularidad en las comunidades costeras, ya que permite cumplir objetivos científicos, de gestión y sociales simultáneamente (Fulton et al., 2019). El monitoreo participativo puede proporcionar información complementaria a otros métodos sobre el comportamiento espacial de los peces de una manera rentable al aumentar la capacidad de recopilación de datos espaciotemporales. Por ejemplo, algunos proyectos de ciencia ciudadana han proporcionado información demográfica y de hábitat relevante de múltiples especies marinas a través de observaciones de pescadores, capturas o métodos de marcaje-liberación que permiten observar diferencias en la estructura de tamaño, abundancia y distribución de organismos marinos (Cigliano et al., 2015; Bolser et al., 2018; Støttrup et al., 2018; Esteves-Dias et al., 2020; Gundelund et al., 2020; Degenford et al., 2021). Además, los participantes comprenden el estado de los recursos y cómo la ciencia puede guiar la gestión de los recursos comunes, fomentando en última instancia su compromiso y participación en la conservación y en los procesos de toma de decisiones (Bonney et al., 2009; Cigliano et al., 2015). Sin embargo, la efectividad y sostenibilidad a largo plazo de los programas de ciencia ciudadana depende de estrategias que aseguren el rigor científico y que garanticen el compromiso de los participantes en el largo plazo (Aceves-Bueno et al., 2015; Robinson et al., 2018). Las motivaciones

de los científicos ciudadanos pescadores pueden estar relacionadas con el acceso al conocimiento, la contribución a la ciencia y la conservación, la recreación o incluso a incentivos económicos (Crandall et al., 2018). Por lo tanto, programas de monitoreo de ciencia ciudadana, bien diseñados y basados en la comunidad, pueden abordar objetivos científicos, ambientales y socioeconómicos de manera integrada. Estos esfuerzos entre las comunidades pesqueras pueden, en última instancia, fortalecer la gestión de sitios y la protección de los recursos (Aceves-Bueno et al., 2015; Fulton et al., 2019).

En la costa del Pacífico norte de Costa Rica se encuentra el Golfo de Santa Elena, una zona de alta producción pesquera donde se da el afloramiento costero de Papagayo, aproximadamente entre diciembre y abril. Los afloramientos costeros son fenómenos oceanográficos naturales que influyen en gran medida en la dinámica de los ecosistemas marinos (Kämpf & Chapman, 2016; Pinsky et al., 2020). Los afloramientos costeros resultan en agua fría y rica en nutrientes cerca de la superficie, lo que aumenta la productividad y provoca fuertes fluctuaciones en las condiciones oceanográficas (por ejemplo, de temperatura y oxígeno disuelto) (Kämpf & Chapman, 2016). El afloramiento de Papagayo influye en la dinámica de los arrecifes y en las comunidades de peces arrecifales en la costa norte del Pacífico de Costa Rica (Dominici-Arosemena & Bnignoli, 2005; Jiménez & Cortés, 2003; Roth et al., 2015). Estudios recientes sugieren que algunas especies de peces en el Golfo de Santa Elena se reubican fuera de sus hábitats en respuesta a las condiciones ambientales cambiantes asociadas al afloramiento (Eisele et al., 2020). Los pargos son el principal objetivo de los pescadores artesanales locales en la costa del Pacífico norte de Costa Rica, y también son importantes en la pesca recreativa local (Villalobos-Rojas et al., 2014; SINAC, 2017). Sin embargo, la sobrepesca y la degradación del hábitat, particularmente en los hábitats de arrecife, han afectado negativamente la abundancia de pargos en algunos lugares (Alvarado et al., 2018; Arias-Godínez et al., 2021; Arias-Godínez et al., 2019; Beita-Jiménez et al., 2019; Villalobos-Rojas et al., 2014). Sin embargo, los estudios locales se han centrado en los ambientes arrecifales a pesar de la relevancia de otros hábitats para etapas críticas de la vida de los pargos, como los ambientes estuarinos.

Los pargos son un grupo de peces diverso, principalmente demersales y altamente asociados a hábitats de arrecifes costeros (Martínez-Andrade, 2003). Además, representan uno de los grupos de peces más importantes para la pesca artesanal en regiones costeras tropicales (Cawthorn & Mariani, 2017; De Young, 2007; FAO, 2022). En algunas regiones del Pacífico Oriental Tropical (PTO), algunas especies de pargos han sido sobreexplotadas, o sus poblaciones carecen de datos (FAO, 2022). Los pargos muestran residencia a largo plazo en áreas con paisajes marinos heterogéneos que les proporcionan recursos esenciales a lo largo de diferentes etapas de su vida (Gillanders et al., 2003; Martínez-Andrade, 2003). En general, el grado de asociación con hábitats específicos y patrones de movimiento durante diferentes edades varía entre las especies de pargos (Luo et al., 2009; Martínez-Andrade, 2003). En los pargos, los patrones espaciales también se ven afectados por las interacciones intra e interespecíficas y por la variabilidad ambiental, cuyos efectos pueden variar según la etapa de vida en la que se encuentren (Erisman et al., 2020). A pesar de su relevancia, se sabe poco sobre la ecología de las poblaciones de pargos, particularmente en las primeras etapas de su vida, lo que limita la caracterización de sus hábitats críticos.

En el Pacífico norte de Costa Rica, dentro del Golfo de Santa Elena, se encuentra la Bahía Santa Elena (BSE), una bahía estuarina con diversos hábitats, (SINAC, 2017) que se ha sugerido que actúa como zona de crianza de múltiples especies de peces de interés comercial (Arias Zumbado, 2021). La BSE fue designada como Área Marina de Manejo (AMM) en el año 2018 tras un proceso participativo (Decreto N° 41171-MINAE). El plan de manejo del AMM incluye un plan de zonificación que limita los niveles de intensidad de uso en áreas específicas, por ejemplo, ciertas artes de pesca consideradas de bajo impacto (cuerda de mano, pesca deportiva) están permitidas solamente en áreas externas y en medio del bahía, mientras que otras, como las redes de enmalle, el buceo con compresor o la línea de fondo, están prohibidas (SINAC, 2017). Los pargos son uno de los grupos de peces óseos más diversos y abundantes dentro de la bahía, particularmente las especies pargo colorado, *Lutjanus colorado*, y el pargo dientón, *L. novemfasciatus*. Por lo general, los pargos de la bahía tienen tamaños inferiores a la longitud de

madurez, lo que sugiere que múltiples especies de pargos utilizan la bahía en sus primeras etapas de vida (Arias Zumbado, 2021).

El bajo impacto humano, su paisaje marino heterogéneo y la influencia del afloramiento estacional hacen de la Bahía Santa Elena un sitio ideal para investigar los patrones de movimiento a largo plazo y uso del hábitat de los pargos residentes en relación con múltiples factores naturales. Adicionalmente, tras la declaratoria del área de manejo, se diseñó un Plan de Aprovechamiento Pesquero, el cual especifica protocolos de monitoreo de peces de valor comercial dentro de la bahía utilizando múltiples técnicas, incluida la pesca deportiva con caña y carrete (SINAC, 2020). Este Plan también indica que la pesca deportiva tiene el potencial de brindar oportunidades a los operadores turísticos locales, quienes contribuyen con sus conocimientos al monitoreo sistemático del recurso pesquero. En conjunto, esto brinda una oportunidad para incorporar la ciencia ciudadana para ampliar la comprensión sobre la distribución de los pargos mientras que se pone a prueba un protocolo de monitoreo basado en eventos de pesca científica ciudadana con pescadores recreativos voluntarios.

La presente tesis busca utilizar datos de telemetría acústica y marca-recaptura obtenidos por pescadores científicos ciudadanos para responder múltiples preguntas sobre la ecología espacial de pargos en la Bahía de Santa Elena. Específicamente, (1) ¿Cuál es la residencia, el uso del hábitat y los patrones de movimiento de *L. colorado* y *L. novemfasciatus*? (2) ¿Cómo afectan las condiciones ambientales asociadas con el afloramiento estacional (por ejemplo, la temperatura del agua) sus patrones de movimiento y uso del hábitat? (3) ¿Puede un enfoque de ciencia ciudadana con pescadores proporcionar datos útiles sobre la distribución y el uso del hábitat de los pargos dentro del AMM-BSE? y (4) ¿Cómo podría ser efectivo y sostenible en el largo plazo el monitoreo de peces basado en la pesca recreativa a través de la ciencia ciudadana? Los resultados de esta tesis pueden eventualmente impactar la planificación espacial local y la gestión pesquera, y servir de base para los modelos predictivos regionales de los impactos del calentamiento del agua de mar en los pargos. Además, se proporcionará a los tomadores de decisiones locales una propuesta de protocolo de monitoreo de peces

basado en ciencia ciudadana resultante para su consideración y su implementación involucrando a diversos actores locales, principalmente pescadores.

## OBJETIVOS

### *Objetivo general*

El objetivo principal de esta tesis es cuantificar los patrones de residencia, movimiento y uso del hábitat de *L. novemfasciatus* y *L. colorado* dentro de Bahía de Santa Elena utilizando telemetría acústica pasiva y monitoreo basado en ciencia ciudadana.

### *Objetivos específicos*

- (1) Cuantificar la residencia, el movimiento y los patrones de uso del hábitat de *L. colorado* y *L. novemfasciatus* y el efecto de múltiples parámetros ambientales asociados al afloramiento sobre sus patrones de residencia, movimiento y uso del hábitat.
- (2) Determinar la diversidad, abundancia y distribución de peces capturados mediante la técnica de pesca deportiva en diferentes hábitats del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena con énfasis en los patrones de distribución de los pargos implementada durante eventos de ciencia ciudadana.
- (3) Desarrollar una propuesta de protocolo de monitoreo de peces basado de la técnica de pesca deportiva para el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena (AMM-BSE) basado en un enfoque de ciencia ciudadana mediante un proceso de investigación-acción

## INTRODUCTION

The populations of multiple species of high economic and ecological value along tropical coastal regions are declining due to overfishing, habitat degradation and climate change (De Young, 2007; FAO, 2022). Understanding how fish move and use specific habitats, particularly of populations under intense fishing pressure, will be essential to develop sound management and spatial protection strategies considering their space and habitat requirements (Moffitt et al., 2009; Allen et al., 2018). Movements, space use and habitat selection of fish is shaped by dynamic biological processes and environmental conditions (Pinsky et al., 2020). For instance, ontogeny and environmental variability can shape movement and habitat use patterns (Erisman et al., 2020; Pinsky et al., 2020; Pörtner et al., 2017). Thus, studying the spatial behavior of commercial fish in relation to multiple biological and environmental parameters is key to identify and characterize critical habitats as well as to predict how fish respond to changing conditions (Crossin et al., 2017; Hussey et al., 2015). This is particularly relevant along tropical coasts to effectively guide adaptive management strategies to maintain resilient fish populations under a rapidly changing environment (FAO, 2022; Hussey et al., 2015).

As the urgency for data that guides fisheries management and conservation increases, it is imperative to adopt integrated approaches that leverage diverse methodologies. For instance, implementing monitoring techniques that allow to obtain long-term data to quantify fish movement in relation to multiple environmental in data-deficient regions is necessary. Passive acoustic telemetry is a powerful tool to quantify fish movement and space use metrics as it allows to continuously track multiple fish individuals simultaneously for long periods (Heupel et al., 2006). Thus, acoustic telemetry data allow to quantify relevant parameters for spatial and fisheries management, like fish residency, space use, habitat associations, diel or seasonal habitat use shifts, dispersal, among other metrics (Crossin et al., 2017; McGowan et al., 2017). Moreover, acoustic telemetry networks are a valuable tool to improve management in a larger scale to assess connectivity (Lédée et al., 2021). When coupled with environmental measurements, telemetry data can help model the effect

of multiple biological and environmental drivers on movement metrics of fish (Donaldson et al., 2014; Cooke et al., 2016). However, acoustic telemetry data is limited by the detection range of stationary acoustic monitors and to the acoustically tagged fish individuals. Thus, acoustic telemetry studies can benefit from complementary monitoring methods (Vianna et al., 2014; Dudgeon et al., 2015).

Participatory monitoring of fisheries resources is gaining popularity in coastal communities, as it allows to meet scientific, management and social goals simultaneously (Fulton et al., 2019). Participatory monitoring can provide complementary information to other methods regarding the spatial behavior of fish in a cost-effective way by increasing the spatio-temporal data collection capacity. For instance, some citizen-science projects have provided relevant demographic and habitat information of multiple marine species through fishers' observations, catches or mark-release methods that allow to observe differences in size structure, abundance and distribution of marine organisms (Bolser et al., 2018; Cigliano et al., 2015; Degenford et al., 2021; Esteves-Dias et al., 2020; Gundelund et al., 2020; Støttrup et al., 2018) (Bolser et al., 2018; Esteves-Dias et al., 2020; Degenford et al., 2021). Additionally, participants gain understanding of the state of resources, and how science can guide the management of common resources, ultimately fostering their commitment and engagement in their protection and in decision-making processes (Bonney et al., 2009; Cigliano et al., 2015). However, the effectiveness and long-term sustainability of citizen science programs relies on strategies that ensure scientific rigor and that guarantee participants commitment in the long term (Aceves-Bueno et al., 2015; Robinson et al., 2018). Motivations of fisher citizen scientists may be related to accessing knowledge, contributing to science and conservation, recreation or even economic (Crandall et al., 2018). Thus, well-designed community-based citizen science monitoring programs may address scientific, environmental, and socioeconomic goals in an integrated manner. Such efforts among fishing communities can ultimately strengthen site-management and resource protection (Aceves-Bueno et al., 2015; Fulton et al., 2019).

In the north Pacific coast of Costa Rica lies the Santa Elena Gulf, productive fisheries ground subjected surrounded by highly by communities highly dependent

of fishing activities. The region is subjected by the Papagayo upwelling, which occurs approximately from December through May. Coastal upwellings are natural oceanographic phenomena that largely influence marine ecosystem dynamics (Kämpf & Chapman, 2016; Pinsky et al., 2020). Coastal upwellings result in cold and nutrient-rich water emerging to the surface, which results in high productivity and sharp fluctuations in oceanographic conditions (e.g. temperature, dissolved oxygen) (Kämpf & Chapman, 2016). The Papagayo upwelling is known to influence the dynamics of local reefs and their associated reef fish assemblages in the northern Pacific coast of Costa Rica (Dominici-Arosemena & Bnignoli, 2005; Jimenez & Cortés, 2003; Roth et al., 2015). Recent studies suggest that in the Santa Elena Gulf some fish species relocate from habitats in response to changing environmental conditions associated to the upwelling (Eisele et al., 2020). Snappers are the main target of local artisanal fishers in the north Pacific coast of Costa Rica, and are also important in local recreational fisheries (Villalobos-Rojas et al., 2014; SINAC, 2017). However, overfishing and habitat degradation, particularly in reef habitats, have negatively affected the abundance of snappers in some locations (Alvarado et al., 2018; Arias-Godínez et al., 2021; Arias-Godínez et al., 2019; Beita-Jiménez et al., 2019; Villalobos-Rojas et al., 2014). However, local studies have focused on reef environments despite the relevance of other habitats for critical life stages, including estuarine environments.

Snappers are a diverse group of demersal inshore fish highly associated to coastal reef habitats (Martinez-Andrade, 2003a) that represent one of the most important fish groups for artisanal fisheries in coastal tropical regions (Cawthorn & Mariani, 2017; De Young, 2007; FAO, 2022). In some regions of the Eastern Tropical Pacific (ETP), some snapper species have been overexploited, or their populations are data deficient (FAO, 2022). Snappers show long-term residency to areas with heterogenous seascapes that provide them with essential resources through different life stages (Gillanders et al., 2003; Martinez-Andrade, 2003a). Overall, the degree of association to specific habitats and movement patterns during different ages varies between snapper species (Luo et al., 2009; Martinez-Andrade, 2003a). In snappers, spatial patterns are also affected by intra- and interspecific interactions

and environmental variability, and these effects may vary by life stage (Erisman et al., 2020). Despite their relevance, little is known about the ecology of snapper populations, particularly in early stages of life, which limits the characterization of their critical habitats.

In the north Pacific of Costa Rica, within the Gulf of Santa Elena, is Bahía Santa Elena (BSE), an estuarine embayment with diverse habitats, (SINAC, 2017) suggested to act as a nursery ground for multiple fish species of commercial interest (Arias Zumbado, 2021). BSE was declared a Marine Management Area (MMA) in 2018 after a participatory process (Decree No. 41171-MINAE). The management plan of the MMA includes a zoning plan that limits the levels of intensity of use to specific areas, for example, certain fishing gear considered low impact (hand rope, sport fishing) are allowed only in external areas and in the middle of the bay, while others such as the gillnets, compressor diving or bottom line are prohibited (SINAC, 2017). Snappers are one of the most abundant groups of bony fish within the bay, particularly the colorado snapper, *Lutjanus colorado*, and the pacific dog snapper, *L. novemfasciatus*. Snappers within the bay are typically found in sizes under the length at maturity, suggesting multiple snapper species use the bay at their early life-stages (Arias Zumbado, 2021).

The low human impact, its heterogenous seascape, and the influence of the seasonal Papagayo upwelling, make the Santa Elena Bay an ideal natural seascape to investigate the long-term movement and habitat use patterns of resident snappers in relation to multiple environmental drivers. Additionally, after the declaration of the management area, a Fishing Resource Plan was designed, which specifies monitoring protocols for fish of commercial value within the bay using multiple techniques, including sport fishing with rod and reel (SINAC, 2020b). This Plan also indicates that sport fishing has the potential to provide opportunities for local tour operators, who contribute with their knowledge to the systematic monitoring of the fishing resource. Altogether, this provides an opportunity to incorporate citizen science to expand our understanding of distribution of snappers while piloting a monitoring protocol based on scientific fishing citizen science events with volunteer recreational fishers.

The present thesis seeks to use acoustic telemetry and mark-recapture data obtained by fisher citizen scientists to answer multiple questions regarding the spatial ecology snappers in Santa Elena Bay. Specifically, (1) what is the residency, habitat use and movement patterns of *L. colorado* and *L. novemfasciatus*? (2) how do environmental conditions associated with the seasonal upwelling (e.g., water temperature) affect their movement and habitat use patterns? (3) can a citizen-science approach with anglers provide useful data on the distribution and habitat use of snappers within Santa Elena Bay? and (4) how could the fish monitoring based on recreational fishing through citizen science be effective and sustainable in the long-term? The results from this thesis can eventually impact local spatial planning and fisheries management, and to inform regional predictive models of the impacts of ongoing warming of seawater on snappers. Additionally, a resulting citizen science fish monitoring protocol proposal will be provided to local decision-makers for their consideration to implement continuously by engaging local fishers.

## OBJECTIVES

### *General objective*

The main objective of this thesis is to quantify the residence, movement, and habitat use patterns of *L. novemfasciatus* and *L. colorado* within Bahía Santa Elena using passive acoustic telemetry and a citizen science-based monitoring approach.

### *Specific objectives*

- (1) To quantify the residence, movement, and habitat use patterns of *L. colorado* and *L. novemfasciatus* and the effect of multiple upwelling-associated environmental parameters on their residence, movement, and habitat use patterns.
- (2) Determine the diversity, abundance and distribution of fish caught using the sport fishing technique in different habitats of the Santa Elena Bay Marine Management Area with emphasis on distribution patterns of snappers implemented during citizen science events.

- (3) Develop a proposal for a fish monitoring protocol based on the sport fishing technique for the Santa Elena Bay Marine Management Area based on a citizen science approach through an action-research process.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceves-Bueno, E., Adeleye, A. S., Bradley, D., Tyler Brandt, W., Callery, P., Feraud, M., Garner, K. L., Gentry, R., Huang, Y., McCullough, I., Pearlman, I., Sutherland, S. A., Wilkinson, W., Yang, Y., Zink, T., Anderson, S. E., & Tague, C. (2015). Citizen Science as an Approach for Overcoming Insufficient Monitoring and Inadequate Stakeholder Buy-in in Adaptive Management: Criteria and Evidence. *Ecosystems*, 18(3), 493-506. <https://doi.org/10.1007/s10021-015-9842-4>
- Allen, R. M., Metaxas, A., & Snelgrove, P. V. R. (2018). Applying Movement Ecology to Marine Animals with Complex Life Cycles. *Annual Review of Marine Science*, 10(1), 19-42. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121916-063134>
- Alvarado, J. J., Beita-Jiménez, A., Mena, S., Fernández, C., Cortés, J., Sánchez-Noguera, C., Jiménez, C., & Guzmán-Mora, A. G. (2018). Cuando la conservación no puede seguir el ritmo del desarrollo: Estado de salud de los ecosistemas coralinos del Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66(1-1), 280. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.33300>
- Arias Zumbado, F. E. (2021). *Caracterización espacial de los vertebrados marinos y su aprovechamiento económico en Bahía Santa Elena, Costa Rica* [Maestría]. Universidad Nacional.
- Arias-Godínez, G., Jiménez, C., Gamboa, C., Cortés, J., Espinoza, M., & Alvarado, J. J. (2019). Spatial and temporal changes in reef fish assemblages on disturbed coral reefs, north Pacific coast of Costa Rica. *Marine Ecology*, 40(1), e12532. <https://doi.org/10.1111/maec.12532>
- Arias-Godínez, G., Jiménez, C., Gamboa, C., Cortés, J., Espinoza, M., Beita-Jiménez, A., & Alvarado, J. J. (2021). The effect of coral reef degradation on the trophic structure of reef fishes from Bahía Culebra, North Pacific coast of Costa Rica. *Journal of Coastal Conservation*, 25(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s11852-021-00802-x>
- Beita-Jiménez, A., Alvarado, J., Mena, S., & Guzmán-Mora, A. (2019). Benefits of protection on reef fish assemblages in a human impacted region in Costa

- Rica. *Ocean & Coastal Management*, 169, 165-170.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.12.023>
- Bolser, D. G., Grüss, A., Lopez, M. A., Reed, E. M., Mascareñas-Osorio, I., & Erisman, B. E. (2018). The influence of sample distribution on growth model output for a highly-exploited marine fish, the Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*). *PeerJ*, 6, e5582. <https://doi.org/10.7717/peerj.5582>
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, 59(11), 977-984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Cawthorn, D.-M., & Mariani, S. (2017). Global trade statistics lack granularity to inform traceability and management of diverse and high-value fishes. *Scientific Reports*, 7(1), 12852. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12301-x>
- Cigliano, J. A., Meyer, R., Ballard, H. L., Freitag, A., Phillips, T. B., & Wasser, A. (2015). Making marine and coastal citizen science matter. *Ocean & Coastal Management*, 115, 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.012>
- Cooke, S. J., Brownscombe, J. W., Raby, G. D., Broell, F., Hinch, S. G., Clark, T. D., & Semmens, J. M. (2016). Remote bioenergetics measurements in wild fish: Opportunities and challenges. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 202, 23-37. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2016.03.022>
- Crandall, C. A., Monroe, M., Dutka-Gianelli, J., Fitzgerald, B., & Lorenzen, K. (2018). How to Bait the Hook: Identifying What Motivates Anglers to Participate in a Volunteer Angler Data Program. *Fisheries*, 43(11), 517-526. <https://doi.org/10.1002/fsh.10156>
- Crossin, G. T., Heupel, M. R., Holbrook, C. M., Hussey, N. E., Lowerre-Barbieri, S. K., Nguyen, V. M., Raby, G. D., & Cooke, S. J. (2017). Acoustic telemetry and fisheries management. *Ecological Applications*, 27(4), 1031-1049. <https://doi.org/10.1002/eap.1533>
- De Young, C. (2007). *Review of the state of world marine capture fisheries management: Pacific Ocean*. Food and Agriculture Organization of the United

Nations.

- Degenford, J. H., Liang, D., Bailey, H., Hoover, A. L., Zarate, P., Azócar, J., Devia, D., Alfaro-Shigueto, J., Mangel, J. C., de Paz, N., Davila, J. Q., Barturen, D. S., Rguez-Baron, J. M., Williard, A. S., Fahy, C., Barbour, N., & Shillinger, G. L. (2021). Using fisheries observation data to develop a predictive species distribution model for endangered sea turtles. *Conservation Science and Practice*, 3(2). <https://doi.org/10.1111/csp2.349>
- Dominici-Arosemena, A., & Bnignoli, E. (2005). Community structure of Eastern Pacific reef fishes (Gulf of Papagayo, Costa Rica). *Tecnociencia*, 7(2), 19-41.
- Donaldson, M. R., Hinch, S. G., Suski, C. D., Fisk, A. T., Heupel, M. R., & Cooke, S. J. (2014). Making connections in aquatic ecosystems with acoustic telemetry monitoring. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(10), 565-573. <https://doi.org/10.1890/130283>
- Dudgeon, C. L., Pollock, K. H., Braccini, J. M., Semmens, J. M., & Barnett, A. (2015). Integrating acoustic telemetry into mark–recapture models to improve the precision of apparent survival and abundance estimates. *Oecologia*, 178(3), 761-772. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3280-z>
- Eisele, M. H., Madrigal-Mora, S., & Espinoza, M. (2020). Drivers of reef fish assemblages in an upwelling region from the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, jfb.14639. <https://doi.org/10.1111/jfb.14639>
- Erismán, B. E., Bolser, D. G., Ilich, A., Frasier, K. E., Glaspie, C. N., Moreno, P. T., Dell’Apa, A., de Mutsert, K., Yassin, M. S., Nepal, S., Tang, T., & Sacco, A. E. (2020). A meta-analytical review of the effects of environmental and ecological drivers on the abundance of red snapper (*Lutjanus campechanus*) in the U.S. Gulf of Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30, 437-462. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09608-w>
- Esteves-Dias, A. C., Cinti, A., Parma, A. M., & Seixas, C. S. (2020). Participatory monitoring of small-scale coastal fisheries in South America: Use of fishers’ knowledge and factors affecting participation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30(2), 313-333. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09602-2>
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue*

*Transformation*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

- Fulton, S., López-Sagástegui, C., Weaver, A. H., Fitzmaurice-Cahluni, F., Galindo, C., Fernández-Rivera Melo, F., Yee, S., Ojeda-Villegas, M. B., Fuentes, D. A., & Torres-Bahena, E. (2019). Untapped Potential of Citizen Science in Mexican Small-Scale Fisheries. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00517>
- Gillanders, B., Able, K., Brown, J., Eggleston, D., & Sheridan, P. (2003). Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: An important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series*, 247, 281-295. <https://doi.org/10.3354/meps247281>
- Gundelund, C., Arlinghaus, R., Baktoft, H., Hyder, K., Venturelli, P., & Skov, C. (2020). Insights into the users of a citizen science platform for collecting recreational fisheries data. *Fisheries Research*, 229, 105597. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105597>
- Heupel, M. R., Semmens, J. M., & Hobday, A. J. (2006). Automated acoustic tracking of aquatic animals: Scales, design and deployment of listening station arrays. *Marine and Freshwater Research*, 57(1), 1. <https://doi.org/10.1071/MF05091>
- Hussey, N. E., Kessel, S. T., Aarestrup, K., Cooke, S. J., Cowley, P. D., Fisk, A. T., Harcourt, R. G., Holland, K. N., Iverson, S. J., Kocik, J. F., Flemming, J. E. M., & Whoriskey, F. G. (2015). Aquatic animal telemetry: A panoramic window into the underwater world. *Science*, 348(6240). <https://doi.org/10.1126/science.1255642>
- Jimenez, C., & Cortés, J. (2003). Growth of seven species of scleractinian corals in an upwelling environment of the eastern Pacific (Golfo de Papagayo, Costa Rica). *Bulletin of Marine Science*, 72, 187-198.
- Kämpf, J., & Chapman, P. (2016). *Upwelling Systems of the World*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42524-5>
- Lédée, E. J. I., Heupel, M. R., Taylor, M. D., Harcourt, R. G., Jaine, F. R. A., Huveneers, C., Udyawer, V., Campbell, H. A., Babcock, R. C., Hoenner, X., Barnett, A., Braccini, M., Brodie, S., Butcher, P. A., Cadiou, G., Dwyer, R. G., Espinoza, M., Ferreira, L. C., Fetterplace, L., ... Simpfendorfer, C. A. (2021).

- Continental-scale acoustic telemetry and network analysis reveal new insights into stock structure. *Fish and Fisheries*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/faf.12565>
- Luo, J., Serafy, J. E., Sponaugle, S., Teare, P. B., & Kieckbusch, D. (2009). Movement of gray snapper *Lutjanus griseus* among subtropical seagrass, mangrove, and coral reef habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 380, 255-269. <https://doi.org/10.3354/meps07911>
- Martinez-Andrade, F. (2003). *A comparison of life histories and ecological aspects among snappers (Pisces: Lutjanidae)* [Ph.D., Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College]. <https://www.proquest.com/docview/305321615/abstract/1F7970AC548F4A84PQ/1>
- McGowan, J., Beger, M., Lewison, R. L., Harcourt, R., Campbell, H., Priest, M., Dwyer, R. G., Lin, H.-Y., Lentini, P., Dudgeon, C., McMahon, C., Watts, M., & Possingham, H. P. (2017). Integrating research using animal-borne telemetry with the needs of conservation management. *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 423-429. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12755>
- Moffitt, E. A., Botsford, L. W., Kaplan, D. M., & O'Farrell, M. R. (2009). Marine reserve networks for species that move within a home range. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 19(7), 1835-1847. <https://doi.org/10.1890/08-1101.1>
- Pinsky, M. L., Selden, R. L., & Kitchel, Z. J. (2020). Climate-Driven Shifts in Marine Species Ranges: Scaling from Organisms to Communities. *Annual Review of Marine Science*, 12(1), 153-179. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010419-010916>
- Pörtner, H.-O., Bock, C., & Mark, F. C. (2017). Oxygen- and capacity-limited thermal tolerance: Bridging ecology and physiology. *Journal of Experimental Biology*, 220(15), 2685-2696. <https://doi.org/10.1242/jeb.134585>
- Robinson, L. D., Cawthray, J. L., West, S. E., Bonnt, A., & Ansine, J. (2018). Ten principles of citizen science. En *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 27-40). UCL Press.

<https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>

- Roth, F., Stuhldreier, I., Sánchez-Noguera, C., Morales-Ramírez, Á., & Wild, C. (2015). Effects of simulated overfishing on the succession of benthic algae and invertebrates in an upwelling-influenced coral reef of Pacific Costa Rica. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 468, 55-66. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.03.018>
- SINAC. (2017). *Plan General de Manejo del Sitio de Importancia para la Conservación Bahía* (p. 69). SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación).
- SINAC. (2020). *Protocolo de elementos focales de monitoreo pesquero en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, Guanacaste* (p. 63). Área de Conservación Guanacaste.
- Støttrup, J. G., Kokkalis, A., Brown, E. J., Olsen, J., Kærulf Andersen, S., & Pedersen, E. M. (2018). Harvesting geo-spatial data on coastal fish assemblages through coordinated citizen science. *Fisheries Research*, 208, 86-96. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.07.015>
- Villalobos-Rojas, F., Herrera-Correal, J., Garita-Alvarado, C. A., Clarke, T., & Beita-Jiménez, A. (2014). Actividades pesqueras dependientes de la ictiofauna en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 119. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20038>

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACG	Área de Conservación Guanacaste
AMM-BSE	Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena
CETUR	Cámara de Empresarios Turísticos de La Cruz
CTC	Corredor Turístico Costero de La Cruz
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INCOPESCA	Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura
ONG	Organización no gubernamental
PTO	Pacífico Tropical Oriental
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
SNG	Servicio Nacional de Guardacostas

## CAPÍTULO 1

### RESIDENCY, MOVEMENTS AND HABITAT USE OF TWO SNAPPER SPECIES IN A TROPICAL ESTUARINE EMBAYMENT SUBJECTED TO A SEASONAL UPWELLING

**Vargas-Araya L.<sup>1,2\*</sup>, Matley J.K.<sup>3</sup>, Fisk A.T.<sup>4</sup>, Espinoza M.<sup>1,5,6</sup>**

1. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, 2060-11501 San José, Costa Rica

2. Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales, Universidad de Costa Rica, 2060-11501 San José, Costa Rica

3. College of Science and Engineering, Flinders University, Bedford Park, SA, Australia 5042

4. Great Lakes Institute for Environmental Research, University of Windsor, Ontario, Canada

5. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 2060-11501 San José, Costa Rica

6. MigraMar, Sir Francis Drake Boulevard, Olema, California, United States of America

## ABSTRACT

Ecological and environmental conditions are important drivers of fish space use, therefore, understanding how commercially exploited species move and use specific habitats, particularly in dynamic environments, is essential for effective fisheries management and conservation. This study examined the residency and habitat use patterns of the Colorado (*Lutjanus colorado*) and the Pacific dog (*L. novemfasciatus*) snappers in Santa Elena Bay, a large estuarine embayment influenced by a strong seasonal upwelling in the north Pacific coast of Costa Rica. An array of 28 acoustic receivers was deployed for 22 months to monitor the residency and habitat use of both snappers within Santa Elena Bay. Both species were detected over 60% of the monitoring days inside the bay, mainly in mangrove and transitional estuarine habitats. A shift in habitat use patterns was observed throughout the study period, where individuals of both species moved from mangrove and transitional estuarine habitats in the inner and middle areas of the bay to outer reef habitats. Moreover, during upwelling months (December to May), both species exhibited higher probability of occurrence, which was consistent across monitoring years. Our findings highlight the role that Santa Elena Bay is playing as an essential fish habitat for commercially important species. The movement and habitat connectivity of *L. colorado* and *L. novemfasciatus* over different spatial and temporal scales may facilitate the transition between life-stages, thus supporting key ecological process such as growth, emigration and ultimately reproduction. Our results also showed a complex interaction of ontogenetic and seasonal variability in residency and habitat use patterns of both study species, which is crucial to inform management and conservation.

## KEY WORDS

Spatial ecology, fisheries management, Lutjanidae, Costa Rica, Eastern Tropical Pacific

## 1. INTRODUCTION

Understanding where and when fish move, and why they use specific habitats has direct application to spatial management and conservation (Moffitt et al., 2009; Allen et al., 2018). Movement patterns of fish are shaped by diverse biological and environmental drivers across different spatial and temporal scales (Nathan et al., 2008). For instance, the residence and habitat use of fish is highly dependent on the availability of essential resources such as food and shelter (Dahlgren & Eggleston, 2000a; Murray & Sandercock, 2020), requirements that may vary across life stages (Allen et al., 2018a). In addition, climate-driven environmental conditions such as temperature, dissolved oxygen and pH significantly impact fish behavior (Pinsky et al., 2020; Pörtner et al., 2017; Woodson et al., 2019). Fish may need to seek optimal conditions for survival and to meet energy requirements based on their physiological limits (Brett & Groves, 1979; Fey et al., 2019; Keefer et al., 2009). For instance, environmental variability may trigger migrations to regions with more suitable temperatures (Piraino & Szedlmayer, 2014; D. Topping & Szedlmayer, 2011), i.e. thermal refuges, as a thermoregulatory strategy (Fey et al., 2019), or to accelerate digestion (Bacheler et al., 2021). However, the effect of different environmental and biological drivers can be life-stage dependent (Erisman et al., 2020). Environmental variability can also trigger shifts in ecosystem dynamics and biological interactions that can influence the spatial ecology of a species (Allan et al., 2015; Kämpf & Chapman, 2016). Therefore, by quantifying the effects of biological and environmental drivers on fish movement across different scales and life stages it is possible to define their critical habitats, and ultimately, predict how species may respond to environmental change (Crossin et al., 2017; Hussey et al., 2015). This information is key to effectively manage the populations of commercially important species, such as snappers, under the pressure of fishing, habitat degradation, and climate change (Hussey et al., 2015; Crossin et al., 2017; Barange et al., 2018; Rilov et al., 2019).

Coastal upwellings are natural oceanographic phenomena that largely influence marine ecosystem dynamics (Kämpf & Chapman, 2016; Pinsky et al.,

2020). During coastal upwellings, cold and nutrient-rich water emerges to the surface, resulting in high productivity and sharp fluctuations in oceanographic conditions (e.g. temperature, dissolved oxygen) (Kämpf & Chapman, 2016). Given their contrasting fluctuating conditions, seasonal upwellings in tropical regions can increase our understanding of how fishes may respond to environmental variability. Within the Eastern Tropical Pacific, there are three main wind-driven seasonal coastal upwellings: Tehuantepec Bowl in Mexico, the Bay of Panama, and Papagayo between Nicaragua and northern Costa Rica (Fiedler & Lavín, 2017). The Papagayo upwelling largely influences the dynamics of local reefs and their associated reef fish assemblages in the northern Pacific coast of Costa Rica (Dominici-Arosemena & Bignoli, 2005; Jimenez & Cortés, 2003; Roth et al., 2015), including differences in fish assemblages between upwelling and non-upwelling months, suggesting that some species readjust their space use in response to changing environmental conditions (Eisele et al., 2020).

Snappers (Lutjanidae) are economically important reef fish that typically exhibit ontogenetic patterns in movements and habitat use (Gillanders et al., 2003; Martinez-Andrade, 2003b). Juveniles of estuarine-dependent snapper species usually remain near mangroves and shallow estuarine areas with abundant food and refuge (Reis-Filho et al., 2019), whereas adults use a wider range of habitats, including rocky and coral reefs, and periodically migrate to offshore habitats to spawn (De Mitcheson et al., 2008). Thus, the degree of connectivity between estuarine and reef habitats is key to support their transition to mature life stages (Dance & Rooker, 2015; Gillanders et al., 2003; Pimentel & Joyeux, 2010; Reis-Filho et al., 2019; Vasconcelos et al., 2011), and to enhance fisheries production as they leave their nursery grounds (Grüss et al., 2011; Kramer & Chapman, 1999). However, long-term continuous tracking of the early life-stages of snappers remains scarce, hindering the accurate identification or characterization of their essential habitats.

Snappers are the main target of local artisanal fishers in the north Pacific coast of Costa Rica, and are also important in local recreational fisheries (Villalobos-Rojas et al., 2014; SINAC, 2017). However, overfishing and habitat degradation,

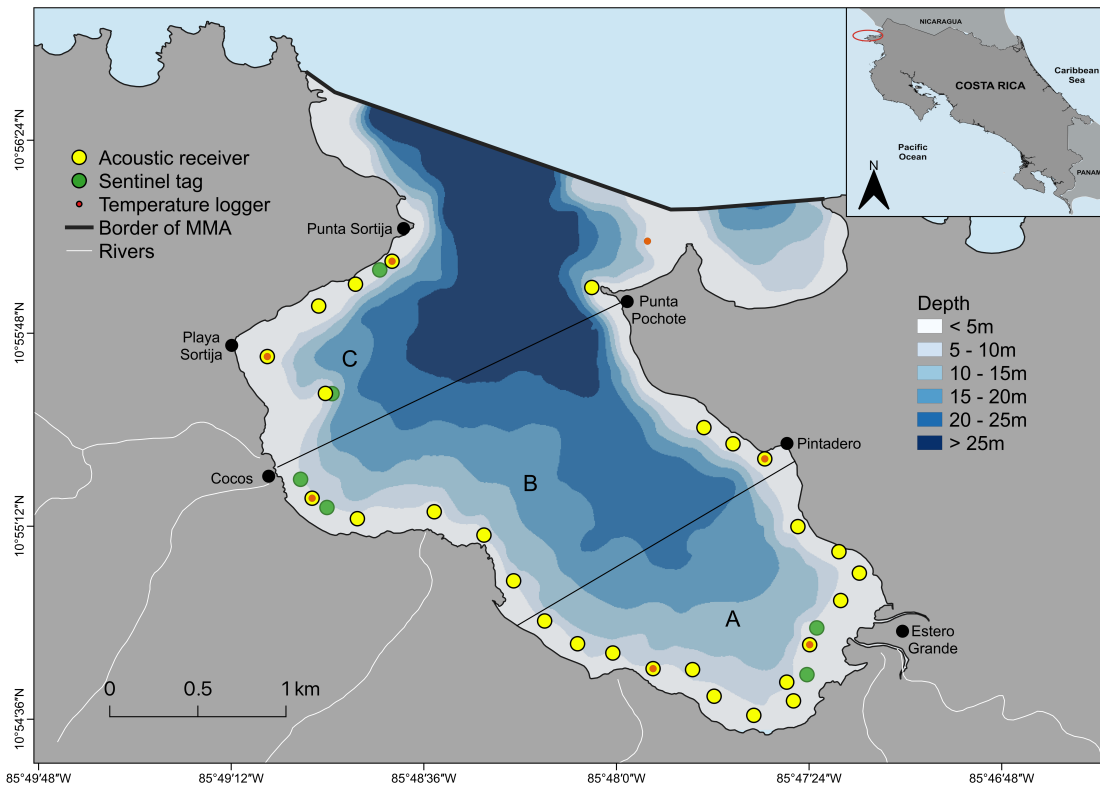
particularly in reef habitats, have negatively affected the abundance of snappers (Alvarado et al., 2018; Arias-Godínez et al., 2021; Arias-Godínez et al., 2019; Beita-Jiménez et al., 2019; Villalobos-Rojas et al., 2014). Santa Elena Bay, an estuarine embayment in the north Pacific of Costa Rica, is a Marine Management Area in the region (SINAC, 2017). The bay is likely used as a nursery ground by the Colorado (*Lutjanus colorado*) and the Pacific Dog (*L. novemfasciatus*) snappers, two commercially important and abundant species inside the bay (Arias Zumbado, 2021; Espinoza et al., 2022). These species are known as estuarine-dependent, particularly at early life-stages, using mangroves as nurseries and reef environments as they grow (Martinez-Andrade 2003, Vega et al., 2015).

Despite their fisheries relevance, little is known about the spatial ecology of *L. colorado* and *L. novemfasciatus* in Santa Elena Bay. The unique conditions of the bay, characterized by its diversity of habitats and protection from fishing, coupled with the impact of the seasonal upwelling, provide an opportunity to investigate the residency and habitat use patterns of the early life stages of both species in relation to multiple environmental drivers. Specifically, we determined (1) the residency and space use patterns of both species to Santa Elena Bay, (2) temporal patterns and shifts in habitat use, and (3) the influence of different biological and environmental drivers on the probability of fish occurrence over time. Given the array of diverse habitats found within bay and the small sizes in which the snappers are found, both species were expected to exhibit high residency within the bay and to remain closely associate with mangrove habitats, as these habitats are believed to offer an abundant source of food and shelter, likely offering benefits for survival and development. Given that environmental drivers are important in determining the movement of fish, the upwelling was expected to influence the residency, movement and habitat use patterns of both fish, mainly resulting from the shifts in temperature. Considering the bay's protective features, certain areas within could offer more stable conditions compared to the surrounding waters. As a result, increased chances of finding the snappers in these stable areas during upwelling periods was expected.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Study site

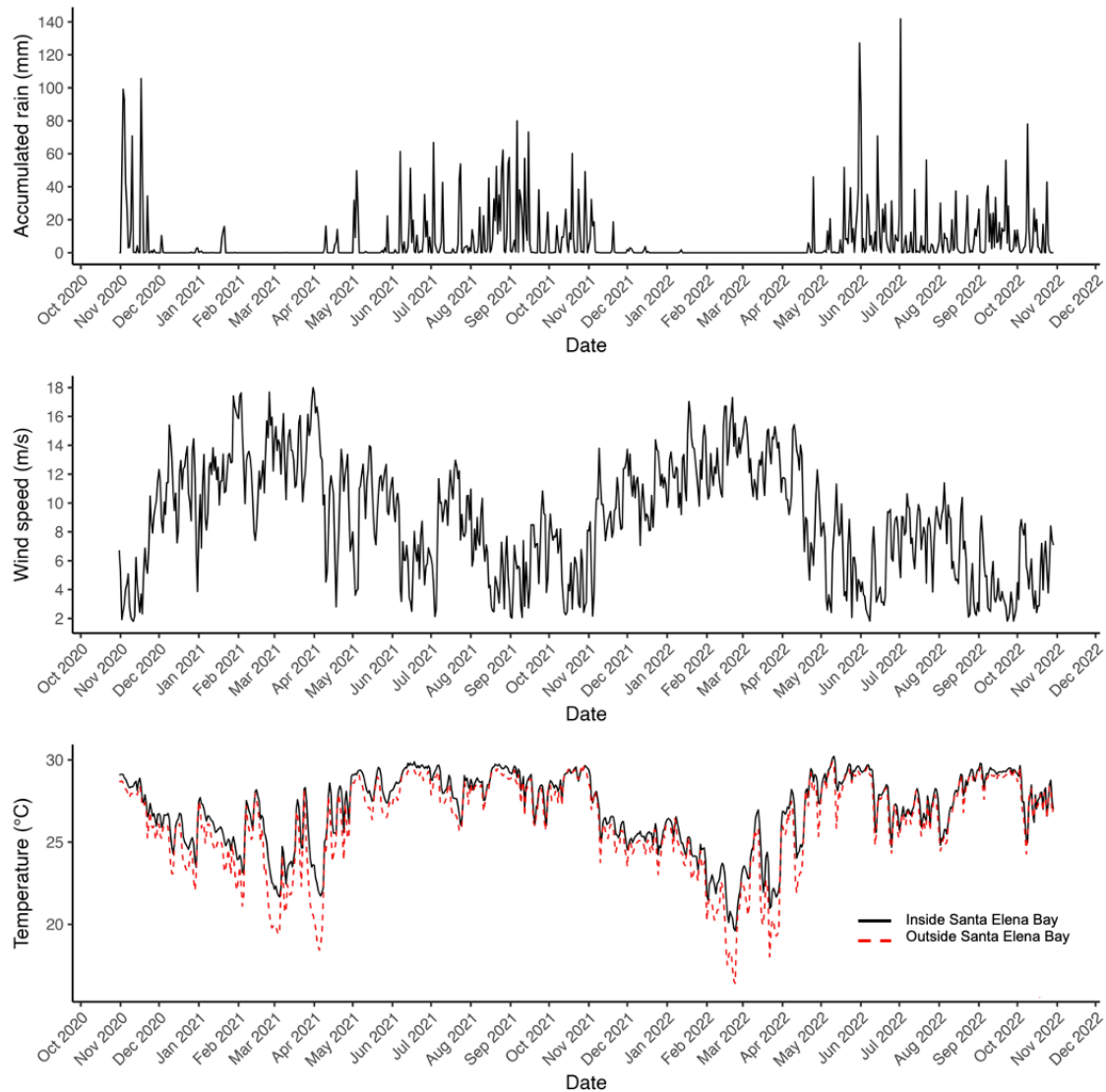
Santa Elena Bay Marine is a relatively large (~728 ha), semi-enclosed estuarine embayment located in the north Pacific coast of Costa Rica (Figure 1). Nearshore habitats along the entire coastline are shallow (<10 m deep), while the middle and outer areas of the bay can reach to maximum depths of 35 m (Lizano R. & Alfaro M., 2015). The bay is subjected to a semidiurnal tidal cycle with an average daily amplitude of 228 cm (Lizano, 2006). Some channels of the inner mangrove (Estero Grande) and some fringing mangrove roots are only inundated during high tide. The bottom in the innermost areas of the bay is composed by silt, sand, and some submerged rocks with dense mangrove cover. The seascape gradually transitions outwards to sparse mangrove patches and to sandy and rubble beaches with rocky outcrops (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012, 2013).



**Figure 1.** Acoustic array at the Marine Management Area Santa Elena Bay, northwestern Pacific of Costa Rica. Regions of the bay classified as A: Mangrove, B: Transitional, C: Reef.

During the wet season (May to November), small rivers discharge into the inner and middle regions of the bay (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012, 2013), whereas the dry season (December to April) is influenced by the Papagayo upwelling, as a result from the intensification of the north trade winds resulting in the cooling and enrichment of the water in the region (E. J. Alfaro & Cortés, 2015; Amador et al., 2006; Stuhldreier, Sánchez-Noguera, Rixen, et al., 2015). Although long-term oceanographic characterization of the bay is not available, in adjacent coastal waters from the Gulf of Santa Elena, water temperature is known to fluctuate from 28-34°C during non-upwelling months to minimum temperatures of ~15°C during upwelling months (E. J. Alfaro & Cortés, 2015; Stuhldreier, Sánchez-Noguera, Rixen, et al.,

2015); water temperatures inside Santa Elena Bay are more stable than in coastal areas outside the bay (Figure 2).



**Figure 2.** Reference temporal series of accumulated rain and mean wind speed obtained from weather stations (No. 72153 and No. 72191 respectively, Instituto Meteorológico Nacional – IMN) and mean water temperature measured with temperature loggers placed throughout the Santa Elena Bay. SEB: Santa Elena Bay.

Santa Elena Bay is surrounded by the Santa Rosa National Park, and it was declared a Marine Management Area (MMA) in 2018 (SINAC, 2017). A zoning plan delineates four areas with different levels of intervention, ranging from very low (i.e.,

no-take) to high (i.e., commercial fishing only with handline, recreational catch-release, or free diving extraction). Over 50% of the bay was designated as no-take (very low to low intervention), covering mostly the innermost areas of the bay and the coastline contour. Fishing is only allowed in the outer deeper areas of the bay that have medium and high intervention, which comprises about 42% of the MMA (SINAC, 2017).

## **2.2. Acoustic array and fish tagging**

*Lutjanus colorado* and *L. novemfasciatus* were monitored inside Santa Elena Bay from November 2020 to August 2022 (665 days) using an array of 28 acoustic receivers (180-kHz VR2W; Vemco Ltd, Innovasea, Bedford, NS, Canada). Receivers were deployed at depths from 4 to 10 m across different habitats (Figure 1). Based on previous detection efficiency and range tests, receivers were spaced 150-400 m from each other following a linear array along the coast to cover the entire bay and optimize monitoring areas (see Matley et al. 2022 for more information on receiver performance). The receivers were covered with electric tape and panty hoses to reduce biofouling (Heupel et al., 2008). In addition, six sentinel tags (Vemco V9-2H 180-kHz, 143 dB, nominal delay: 600 s, battery life time: 2 years) were deployed at fixed positions throughout the study period to assess long-term variation in detection efficiency of the array due to environmental fluctuations, relevant for later accurate data interpretation of fish detections (Kessel et al., 2014). The receivers and sentinel tags were positioned on mooring systems consisting of concrete blocks connected to a buoy by a 1.5-2.5m long rope, or stainless iron rod, to which receivers and sentinels were attached ~1m above the ocean bottom. Due to logistical constraints, during Aug-Sep 2021 some receivers were inactive for a few days due to dead batteries, which were replaced in mid-September (Appendix 1). Because of the other functioning receivers, this period was still included in further analyses, but data interpretation should take this into account.

A total of 14 *L. colorado* (total length – TL range: 28.8 - 48.9 cm) and 16 *L. novemfasciatus* (TL range: 22.5 - 49.3cm) were captured on November 13<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> using rod and reel near the inner and middle of the bay and held in a floating net cage near the boat. Fish were then transferred into a water-holding bin with dissolved clove oil-based solution to anesthetize them before surgery (Topping et al., 2005). Each fish was surgically implanted with coded acoustic transmitters (Vemco, V9-2x-180k-1, 180kHz, code intervals: 70 to 110s, battery life: 730 d). The acoustic transmitter covered with liquid Povidone-iodine as antiseptic was implanted inside the peritoneal cavity of each individual through a small (~1 cm) incision above the ventral midline (Wagner et al., 2011). The incision was closed by one or two square knot sutures using absorbable monofilament material (Sutuvet sutures, size 3-0, tapered-point, 25mm-long needle). Subsequently, total length and weight of fish were measured. Additionally, a plastic dart tag (Floy Tag, FT-2-94 Dart tag) with a unique code number was inserted into the dorsal musculature near the base of the dorsal fin to potentially obtain reports of recapture events. Fish were held in a floating net pen until complete recovery (20-40 min approximately) before released back at their approximate site of capture.

Based on their tagging size, all Colorado snappers were classified as subadults and adults (Ángel Pérez, 2011; Rojas, 1997; Vega et al., 2015), while all Pacific dog snappers were classified as immature (Duncan et al., 2011; Sala et al., 2003; Vega et al., 2015).

### **2.3. Data analysis**

To test receiver performance and to evaluate habitat use patterns, Santa Elena Bay was classified into three distinct regions: mangrove, transitional, and reef, based on previous descriptions of the environments of the bay (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012, 2013) similar to Arias Zumbado (2021) and Matley et al. (2022). The mean proportion of detections at each hour of the day at the different regions of the bay was estimated for the sentinel (control) and fish tags to test receiver performance

and contrast with the patterns of the tracked snappers. Two sentinel tags were placed at each region, but one of the sentinel tags from the mangrove was lost. Therefore, we only used the data from a single sentinel tag per region. Nighttime was defined from 19:00 through 4:00, and crepuscular hours were right before sunrise 4-5:00 and right after sunset 5-18:00.

Descriptive detection summaries were carried out to determine total number of detections per species and number of receivers with detections for each individual fish. To assess the potential fate of the tagged animals, detection plots for each individual were observed to check movement between receivers and detection gaps (Klinard & Matley, 2020). Possible fates included fish mortality due to predation or fishing, or emigration from the bay. Monitoring period was shorter than the battery life of the tags, however transmitter malfunction cannot be fully discarded. These individual detection plots also allowed for descriptive analyses of intra and interspecific variability and to broadly identify movement patterns for each species. All data processing and analyses were carried out on the R environment (R Core Team, 2022).

### **2.3.1. Residency and roaming**

To determine the average proportion of time each species spent within the array over the course of the study, the overall residency index (RI) to the bay was calculated for each individual fish by dividing the number of days an individual was detected by the total number of monitoring days (i.e. number of days from the tagging day to the last day of the study) and then averaged for each species (Appert et al., 2023; Kraft et al., 2023). The residency index ranges from 0 to 1, with 1 indicating that the fish was present within the acoustic array for the entire monitoring period. For a valid detection, each individual had to be detected at least twice during each day at any given receiver. A mean roaming index, as a proxy of space use extent as in Matley et al. (2016), was calculated for each individual fish by dividing the number of receivers at which it was detected by the total number of receivers of the array. The

mean was estimated for each species separately. A roaming index of 1 indicates presence at 100% of the receivers at some point of the study period. However, it is important to note that potential variations in receiver placement distances and quantity across different habitats could influence the interpretation of the results. While this index provides insights into fish movement patterns, any differences in receiver distribution should be considered when interpreting the results. Descriptive movement extent patterns were based on individual detections plots.

### **2.3.2. Habitat use**

The overall mean proportion of detections at each region of the bay, hereafter referred to as habitat types (i.e., mangrove, transitional, and reef), was estimated for each species separately to examine differences in the frequency of use of each habitat. To evaluate temporal patterns in habitat use, a generalized additive model (GAM) with a Poisson distribution was developed to test for potential shifts in the number of unique individuals among habitats throughout the study period. Name of the habitat was included as a categorical predictor variable, months of study (month-year) as a numerical discrete predictor from one to 21, and the interaction between those two were included. Although the study covered 22 months, data from November 2020 was excluded due to an insufficient number of monitoring days during. The analysis was carried out with the "gam" function from *mgcv* package in R (Wood, 2011).

### **2.3.3. Model of probability of occurrence**

Generalized additive mixed models (GAMMs) with binomial distribution were used to evaluate the effect of biological, temporal, and environmental predictors on the probability of occurrence of both species within the bay (Table 1). The binomial distribution included in the model transforms the binomial variable (presence-absence) to a probability scale (i.e. probability of occurrence in this case) (Zuur et al.,

2009). Additive models were selected to incorporate smooth functions to model predictor variables with non-linear relationships with the response variable. A mixed model approach was used to treat fish individual as a random factor. Fish size was the only biological predictor, whereas water temperature, wind speed, moon illumination (0-1, 0 = new moon, 1 = full moon) and rain were environmental predictors. All environmental variables were estimated for each day to match the temporal scale of the daily presence/absence estimations. Water temperature was obtained from five *in situ* temperature loggers programmed to record data every 10 min and averaged for the entire bay for each day. To assess how temporal patterns affected fish occurrence, the day of the year (0-365) and the study year (2021 and 2022) were included in the models. Day of year was included to observe potential patterns in between and within upwelling and non-upwelling season. The study time overlapped with three calendar years but data from 2020 was excluded to reduce biases in the models as it was sampled for less than two months. Additionally, data exploration suggested that probability of occurrence patterns differed across years, therefore, year was included as an interaction term with day of year to account for the variability between years.

**Table 1.** Environmental and temporal predictor variables considered as fixed effects for probability of occurrence generalized additive mixed models (GAMM).

Variable	Data source	Splines
Environmental		
Water temperature (°C)	Temperature loggers in situ (Onset HOBO U22 Water Temp Pro v2, Onset Computer Co., Cape Cod, MA, USA)	Cubic-regression
Rainfall (mm)	Weather Station: 72153 Santa Elena, La Cruz  (Instituto Meteorológico Nacional)	Cubic-regression

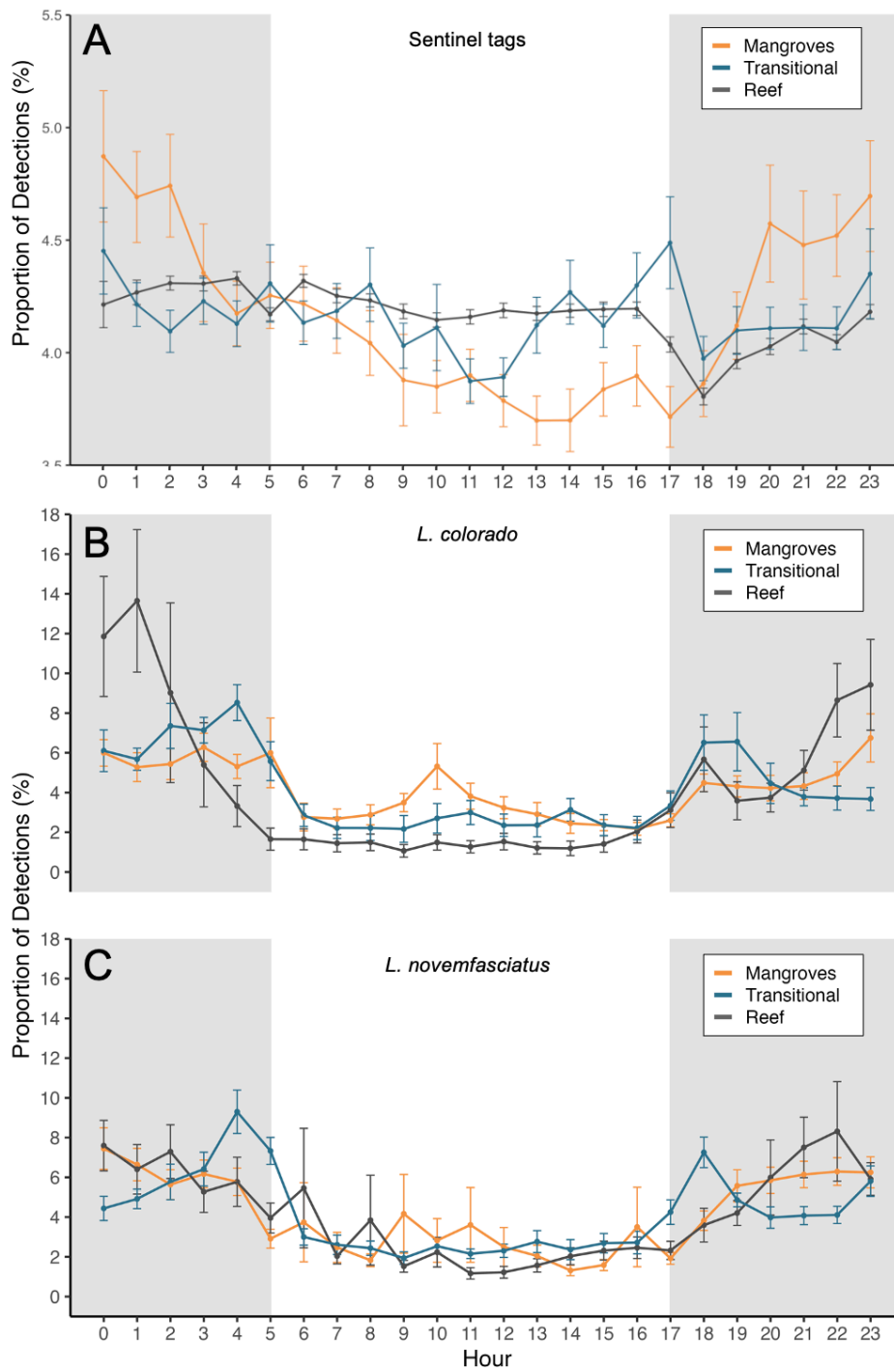
Wind speed (m/s)	Weather Station: 72191 Asada La Cruz Guanacaste (Instituto Meteorológico Nacional)	Cubic-regression
Moon illumination (%)	lunar R package (Lazaridis, 2022)	Cubic-regression
Temporal		
Day of the year	Calendar	Cyclic-cubic- regression
Year	Calendar	Cubic-regression

Models were developed for each species separately. The full models included all selected predictors and further candidate models were developed by removing one predictor at a time. Multiple possible combinations of explanatory variables alongside the null model and full model were compared using the Akaike's information criterion (AIC) to assess model performance. The model with the lowest AIC was selected. The GAMMs were fitted using the `gamm4` function in the "*gamm4*" R package (S. Wood & Scheipl, 2020).

### 3. RESULTS

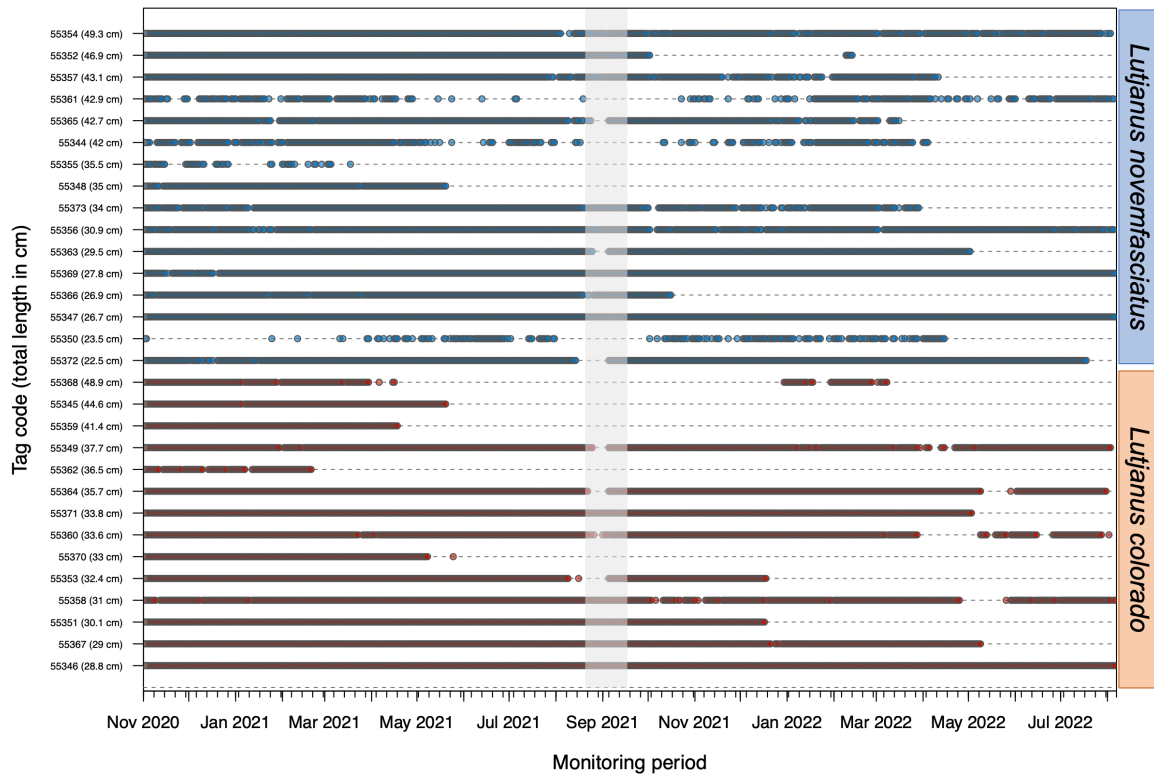
#### 3.1. Receiver performance and snapper detection

The mean proportion of sentinel tag detections varied between habitats, particularly in mangroves at night. In reef habitats, detections remained relatively constant throughout the day, whereas in transitional habitats detections were more variable (Figure 3A). A higher detection frequency was observed for both species at night, regardless of habitat type (Figure 3B, C). Habitat diel shifts were more evident on the reef for *L. colorado*, with a sharp increase and greater variability in detections at night. In transitional habitats, detections of both species peaked during crepuscular hours.



**Figure 3.** Mean hourly detection frequency ( $\pm$  SE) of (A) sentinel tags, (B), Colorado snapper (*L. colorado*), and (C) Pacific dog snapper (*L. novemfasciatus*) at the three different regions within the Santa Elena Bay. Shaded areas represent nighttime hours.

Fish were monitored for up to 645 days inside Santa Elena Bay (Figure 4, Table 2). During this period, we recorded 1,896,788 detections for both species (1,021,030 detections of *L. colorado* and 875,758 detections of *L. novemfasciatus*). Over 50% of the tagged individuals were present for at least one year of the study, and 30% remained at the study site by the conclusion of the monitoring period.



**Figure 4.** Detection plot for the Colorado snapper (*Lutjanus colorado*) and the Pacific dog snapper (*L. novemfasciatus*) monitored between November 2020 and August 2022. Shaded area indicates approximate period when multiple receivers had dead batteries.

### 3.2. Residency and movement extent

Both species were detected over 60% of the monitoring days inside Santa Elena Bay, showing a relatively high mean ( $\pm$  SD) residency index (*L. colorado*:  $0.64 \pm 0.31$ ;

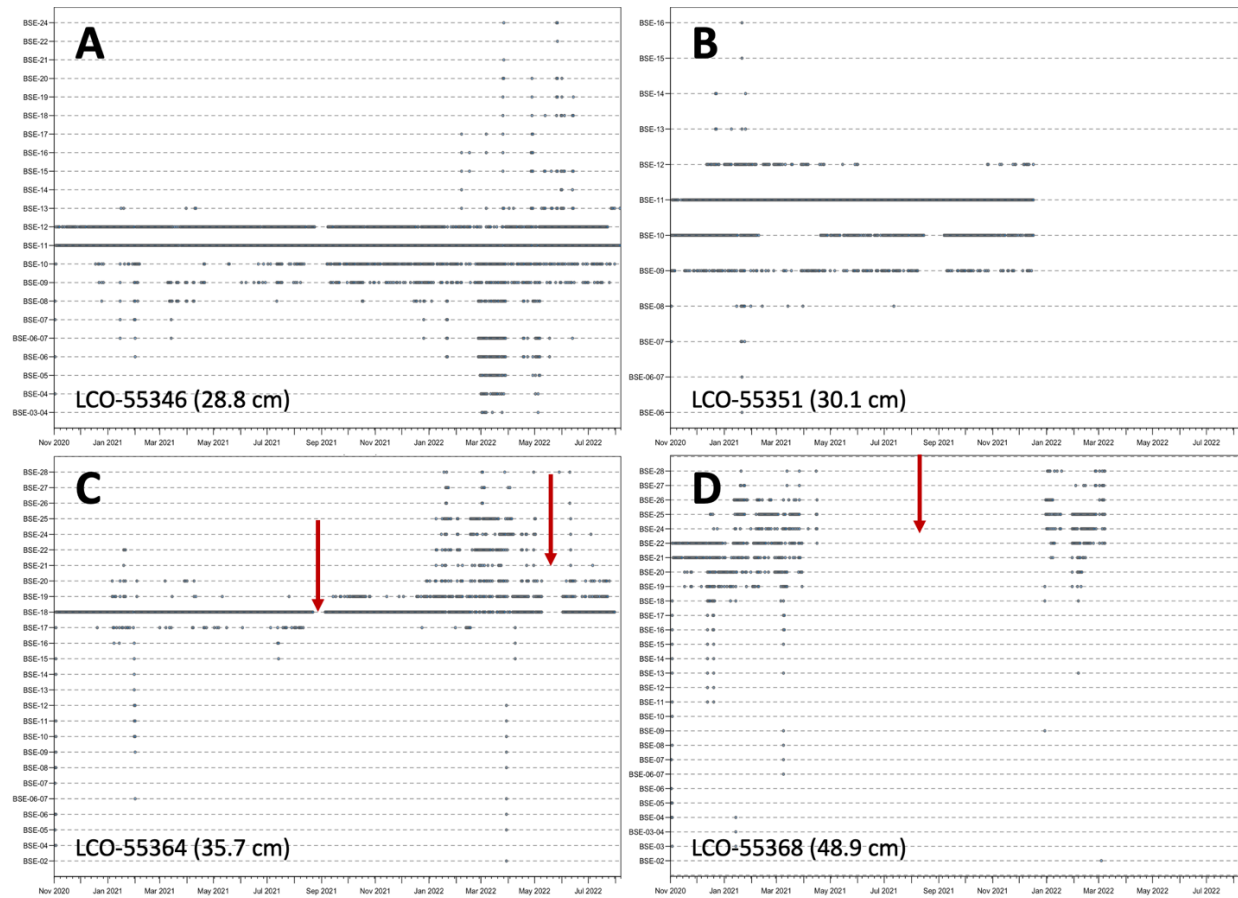
*L. novemfasciatus*:  $0.65 \pm 0.29$ ). Mean ( $\pm$  SD) roaming index *L. colorado* was  $0.85 \pm 0.14$  and  $0.79 \pm 0.15$  for *L. novemfasciatus* (Table 2).

At the individual level, detections plots of both species revealed high temporal variability between species and across fish sizes (Figure 5, Figure 6, Appendix 2, Appendix 3). Fish were also detected more consistently in specific areas of the bay or in core receivers (i.e., receivers with high detection frequency), and movement between receivers for many individuals increased over time. Moreover, multiple individuals of *L. colorado* with sizes greater than 31 cm TL exhibited absences lasting more than one week (Figure 5C, D). These periods of absence often occurred simultaneously for multiple individuals, as seen in September 2021 and May 2022. The largest *L. colorado* (48.9 cm TL) was absent from May 2021 until January 2022. Similar repeated week-long absences were evident among *L. novemfasciatus* of various sizes (Figure 6), often occurring simultaneously for multiple individuals around August-September 2021. The second largest individual (46.9 cm TL) was absent from October 2021 to February 2022 (Figure 6C).

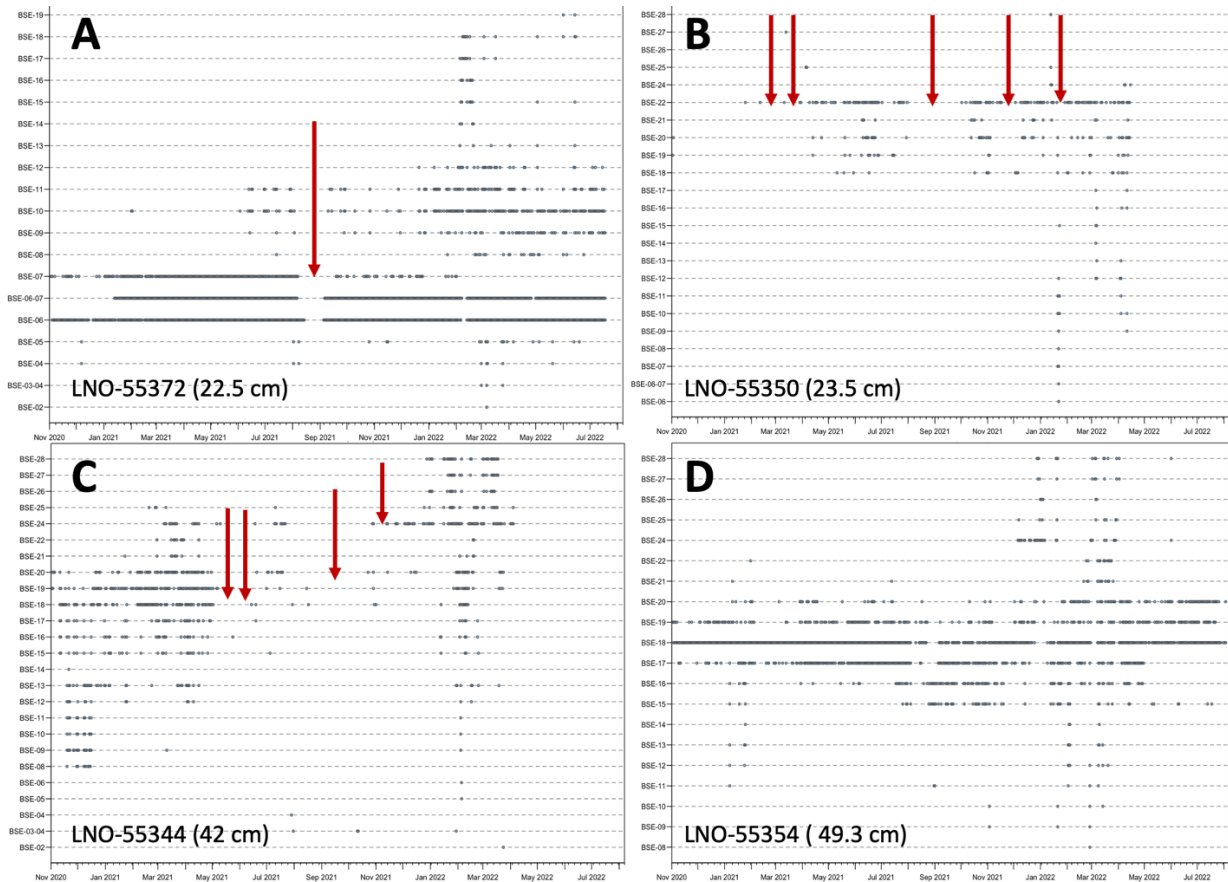
**Table 2.** Summary of the Colorado snapper *Lutjanus colorado* (LCO) and the Pacific dog snapper *L. novemfasciatus* (LNO) that were monitored in Santa Elena Bay, north Pacific coast of Costa Rica, from November 2020 to August 2022. RI – Residency index (number of days detected relative to the number of days monitored); RoI – Roaming indexes (number of receivers an individual was detected relative to the total number of receivers available for monitoring); I – immature; M – mature.

Species	Tag ID	Total length (cm)	Stage of Maturity	Date tagged (d/m/y)	Days monitored	Days detected	No. detections	RI	RoI
LCO	55346	28.8	M	14/11/20	644	643	148153	0.998	0.821
LCO	55367	29	M	13/11/20	645	552	106584	0.856	0.821
LCO	55351	30.1	M	14/11/20	644	411	62377	0.638	0.429
LCO	55358	31	M	13/11/20	645	588	59813	0.912	0.964
LCO	55353	32.4	M	14/11/20	644	387	36969	0.601	0.821
LCO	55370	33	M	13/11/20	645	190	39952	0.295	0.893
LCO	55360	33.6	M	13/11/20	645	565	148255	0.876	1.000
LCO	55371	33.8	M	13/11/20	645	549	131024	0.851	0.893
LCO	55364	35.7	M	13/11/20	645	603	95003	0.935	0.929
LCO	55362	36.5	M	13/11/20	645	101	14894	0.157	0.750
LCO	55349	37.7	M	14/11/20	644	605	86519	0.939	1.000
LCO	55359	41.4	M	13/11/20	645	169	40262	0.262	0.821
LCO	55345	44.6	M	14/11/20	644	199	26961	0.309	0.821

LCO	55368	48.9	M	13/11/20	645	202	24264	0.313	1.000
LNO	55372	22.5	I	13/11/20	645	596	179638	0.924	0.750
LNO	55350	23.5	I	14/11/20	644	188	3403	0.292	0.821
LNO	55347	26.7	I	14/11/20	644	643	113640	0.998	0.857
LNO	55366	26.9	I	13/11/20	645	342	48365	0.530	0.821
LNO	55369	27.8	I	13/11/20	645	637	66543	0.988	0.821
LNO	55363	29.5	I	13/11/20	645	538	41476	0.834	1.000
LNO	55356	30.9	I	13/11/20	645	611	60503	0.947	0.929
LNO	55373	34	I	13/11/20	645	469	55670	0.727	0.964
LNO	55348	35	I	14/11/20	644	197	35134	0.306	0.571
LNO	55355	35.5	I	13/11/20	645	50	805	0.078	0.464
LNO	55344	42	I	14/11/20	644	292	28719	0.453	0.893
LNO	55365	42.7	I	13/11/20	645	458	37965	0.710	0.786
LNO	55361	42.9	I	13/11/20	645	288	28770	0.447	0.500
LNO	55357	43.1	I	13/11/20	645	493	42031	0.764	0.893
LNO	55352	46.9	I	14/11/20	644	339	46896	0.526	0.893
LNO	55354	49.3	I	14/11/20	644	606	86200	0.941	0.714



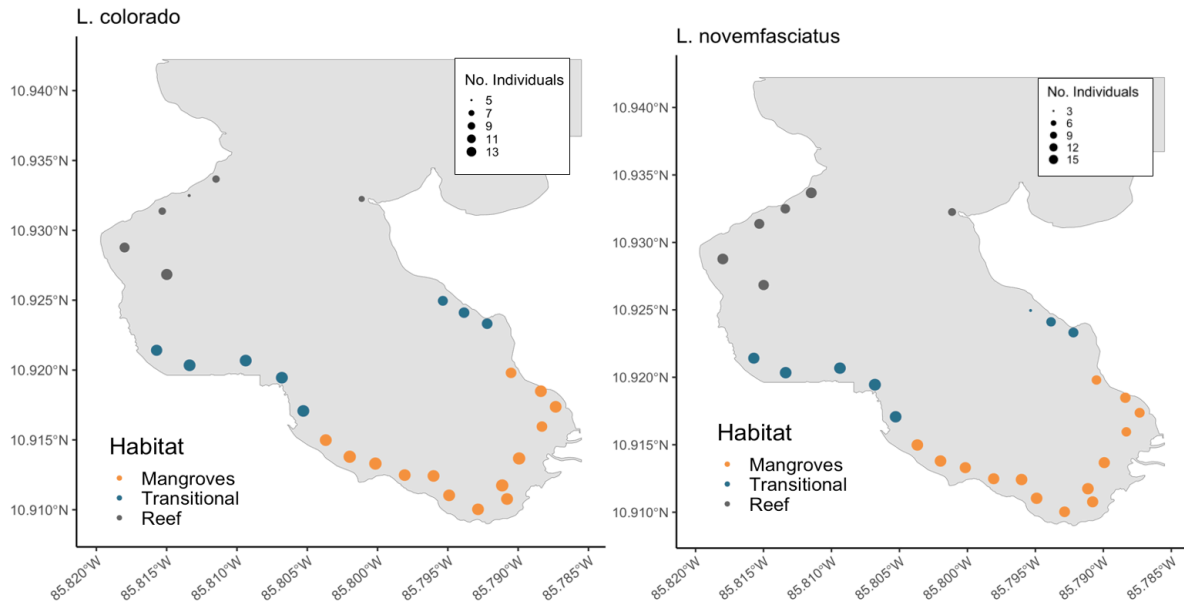
**Figure 5.** Examples of individual detection plots of the colorado snapper (LCO – *L. colorado*). Location and sum of total detections per receiver in the Santa Elena Bay (left) and detections at different stations through the monitoring period (right) of four individuals. Total length of fish indicated in parenthesis next to individual tag code. Arrows indicate periods of detection gaps of at least one week.



**Figure 6.** Examples of individual detection plots of the Pacific dog snapper (*LNO – L. novemfasciatus*). Location and sum of total detections per receiver in the Santa Elena Bay (left) and detections at different stations through the monitoring period (right) of four individuals. Total length of fish indicated in parenthesis next to individual tag code. Arrows indicate periods of detection gaps of at least one week.

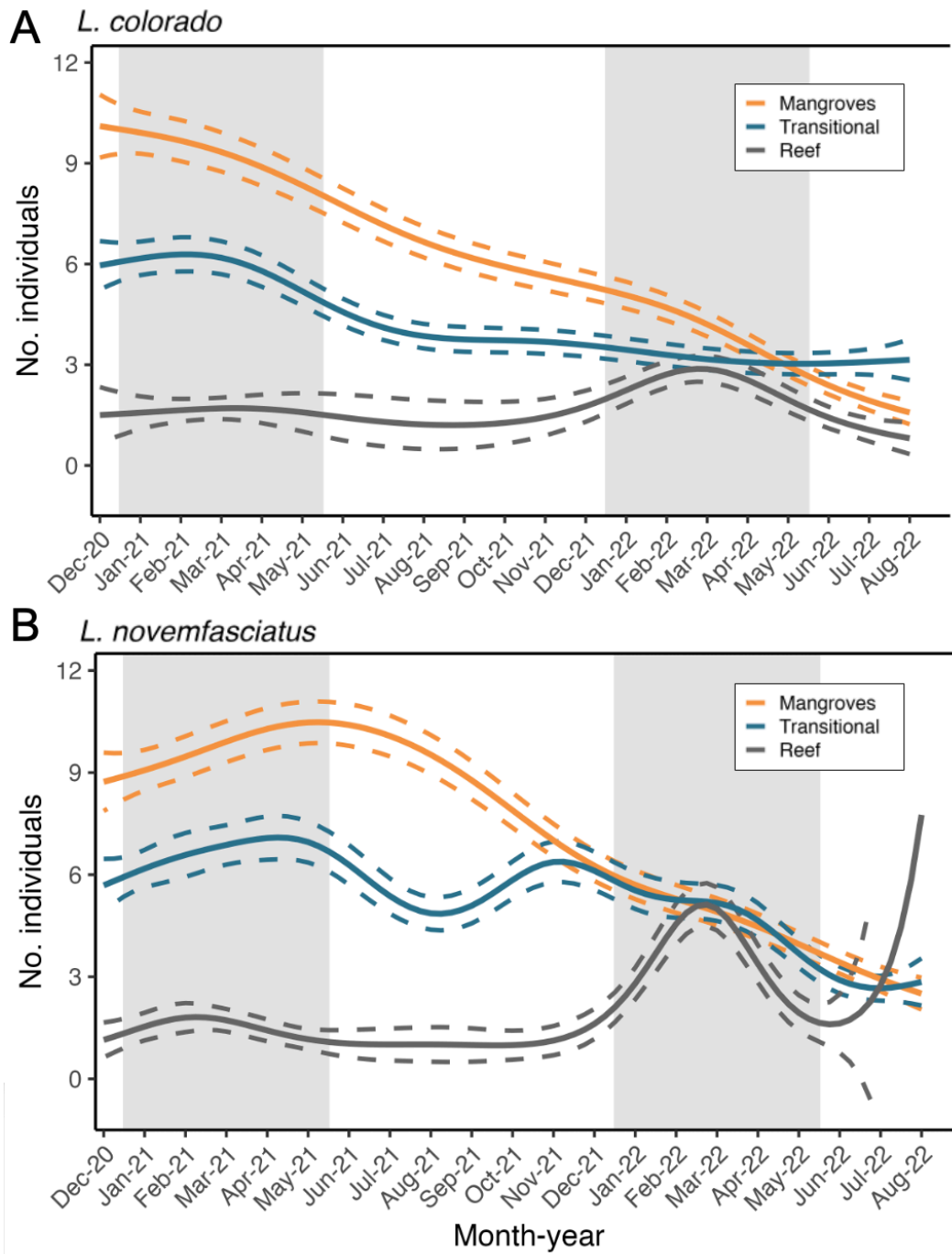
### 3.3. Habitat use

Most detections for *L. colorado* (62.8%) and *L. novemfasciatus* (49.9%) occurred in mangrove habitats relative to transitional (31.3%, 40% respectively) and reef environments (6% and 10% respectively). All 14 *L. colorado* individuals were detected in mangrove habitats, whereas 13 individuals were only present in transitional and 12 individuals in reef habitats. All *L. novemfasciatus* were present in all the habitats available inside Santa Elena Bay at some point.



**Figure 7.** Map of the number of total individuals detected at the different receiver in the Santa Elena Bay for the colorado (LCO – *L. colorado*) and the pacific dog snapper (LNO – *L. novemfasciatus*).

Based on GAMs, the daily mean number of individuals detected for both *L. colorado* ( $n = 1499$ ,  $R^2 = 0.882$ , Deviance explained = 84.4%), and *L. novemfasciatus* ( $n = 1563$ ,  $R^2 = 0.792$ , Deviance explained = 78.6%) varied significantly between habitats and months (Table 3). The number of individuals detected was significantly higher in mangrove than transitional and reef habitats. The predicted number of individuals detected in mangrove and the transitional habitats decreased over time. There was a slight increase in the number of individuals detected in reef habitats between December 2021 and May 2022, which was more evident for *L. novemfasciatus* than *L. colorado* (Figure 8).



**Figure 8.** Predicted number of individuals detected across habitats over time in the Santa Elena Bay based on Generalized Additive models (GAMs) for (A) the Colorado (*Lutjanus colorado*) and (B) the Pacific dog snapper (*L. novemfasciatus*). Shaded regions correspond to approximate upwelling season.

**Table 3.** Summary of generalized additive model (GAM) used to evaluate differences in abundance across habitats and months for the Colorado (*Lutjanus colorado*) and Pacific dog (*L. novemfasciatus*) snappers monitored inside Santa Elena Bay, north Pacific coast of Costa Rica.

Colorado snapper ( <i>L. colorado</i> )					
Parameter	Estimate $\pm$ SE	95% CI	z value	Degrees of freedom	P-value
Mangroves	1.69 $\pm$ 0.02	[ 1.65, 1.72]	89.67	1480.38	< .001
Transitional	-0.29 $\pm$ 0.03	[-0.34, -0.23]	-10.31	1480.38	< .001
Reef	-1.18 $\pm$ 0.08	[-1.34, -1.03]	-15.08	1480.38	< .001
s(month-year) x Mangroves			616.47	5.09	< .001
s(month-year) x Transitional			200.25	5.53	< .001
s(month-year) x Reef			45.96	5.01	< .001
Pacific dog snapper ( <i>L. novemfasciatus</i> )					
Parameter	Estimate $\pm$ SE	95% CI	z value	Degrees of freedom	P-value
Mangroves	1.92 $\pm$ 0.02	[ 1.88, 1.95]	119.19	1537.89	< .001
Transitional	-0.25 $\pm$ 0.02	[-0.30, -0.20]	-10.4	1537.89	< .001
Reef	-1.33 $\pm$ 0.1	[-1.51, -1.14]	-13.89	1537.89	< .001
s(month-year) x Mangroves			551.15	5.32	< .001
s(month-year) x Transitional			182	8.49	< .001
s(month-year) x Reef			219.59	8.3	< .001

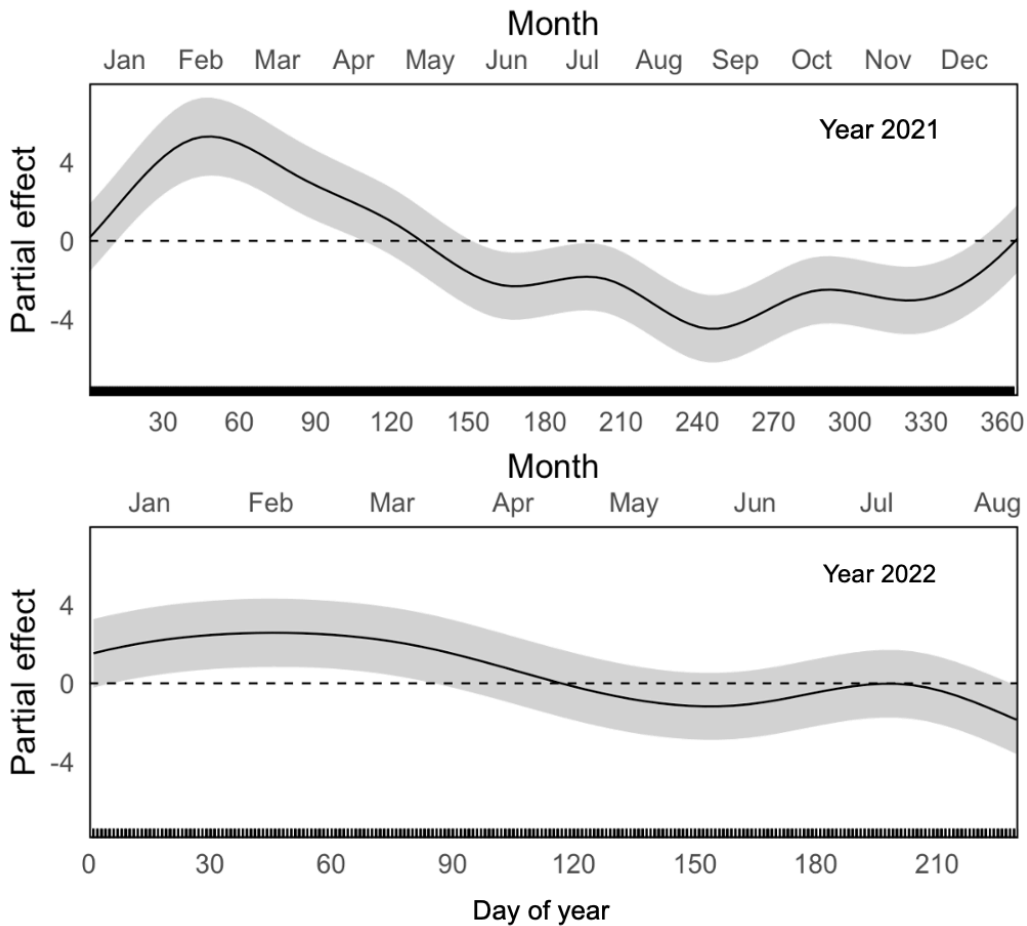
### 3.4. Drivers of probability of occurrence

One *L. colorado* and one *L. novemfasciatus* that were detected for 101 days and 55 days, respectively, were removed from the GAMMs to reduce biases in long-term occurrence patterns. For *L. colorado*, the selected model (see candidate models in Appendix 4) included day of year, year, TL, moon illumination and the interaction between day of the year and year (Table 4) and explained 36% of the variation in probability of occurrence. Overall, probability of occurrence was lower on the second monitoring year. For both years there was a peak in probability of occurrence during

days in January-February on both study years, followed by a decline from May-December (Figure 9). There was a significant negative relationship between TL and probability of occurrence, where larger individuals had a lower probability of occurrence. Although effect sizes of environmental drivers were small, there was a positive relationship with moon illumination and probability of occurrence.

**Table 4.** Summary of selected generalized additive mixed model (GAMM) of the effects of multiple drivers on probability of occurrence for the Colorado (*L. colorado*) in the Santa Elena Bay, Costa Rica, from January 2021 until August 2022.

Parameter	Estimate $\pm$ SE	95% CI	z value	Degrees of freedom	P-value
year 2021	19.54 $\pm$ 5.12	[ 9.50, 29.58]	3.81	7730.59	< .001
year 2022	-6.66 $\pm$ 0.31	[-7.28, -6.04]	-21.15	7730.59	< .001
total length (TL)	-0.42 $\pm$ 0.14	[-0.70, -0.14]	-2.92	7730.59	0.003
moon illumination	0.38 $\pm$ 0.13	[ 0.12, 0.64]	2.87	7730.59	0.004
s(day of year $\times$ year 2021)			527.29	7.62	< .001
s(day of year $\times$ year 2022)			341.71	5.79	< .001

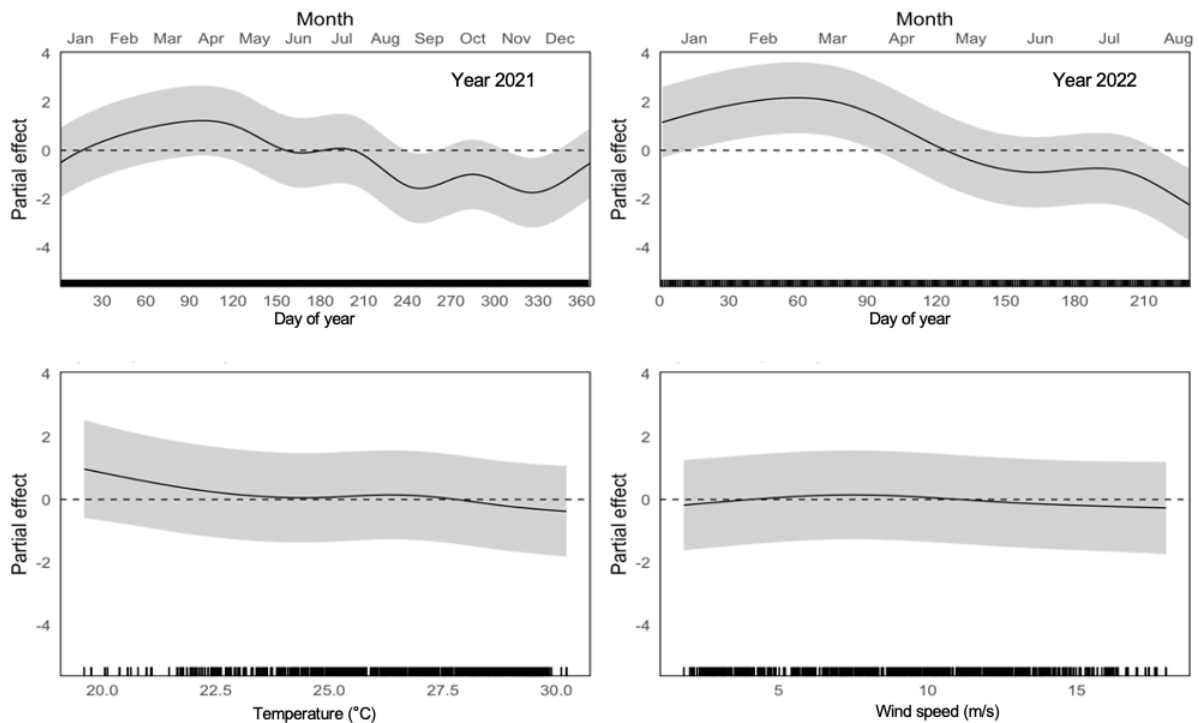


**Figure 9.** Response curves of the smooth terms included in the selected generalized additive mixed model (GAMM) for the Colorado (*L. colorado*) probability of occurrence. Shaded areas represent 95% IC.

For *L. novemfasciatus*, the selected model (see candidate models in Appendix 4) included day of year, year, temperature, wind speed, and the interaction between day of the year and year (Table 5); the model explained 12% of the variation in probability of occurrence of this species. In both years, the predicted probability of occurrence peaked from February to April (Figure 10). Water temperature and wind speed had significant, but relatively weak effects on detection. Overall, probability of occurrence was slightly higher at lower temperatures and at relatively slow wind speeds (~7 m/s).

**Table 5.** Summary of selected generalized additive mixed model (GAMM) of the effects of multiple drivers on probability of occurrence for the dog snapper (*L. novemfasciatus*) in the Santa Elena Bay, Costa Rica, from January 2021 until August 2022.

Parameter	Estimate $\pm$ SE	95% CI	z value	Degrees of freedom	P-value
year 2021	3.08 $\pm$ 0.72	[ 1.67, 4.50]	4.28	8918.42	< .001
year 2022	-3.12 $\pm$ 0.19	[-3.50, -2.74]	-16.03	8918.42	< .001
s(temperature)			14.64	3.74	0.003
s(wind speed)			7.57	2.81	0.027
s(day of year $\times$ year 2021)			352.31	7.46	< .001
s(day of year $\times$ year 2022)			280.86	5.57	< .001



**Figure 10.** Response curves of the smooth terms included in the selected generalized additive mixed model (GAMM) for the pacific dog snappers (*L. novemfasciatus*) probability of occurrence. Shaded areas represent 95% IC.

## 4. DISCUSSION

Understanding the spatial ecology of commercially exploited fish is key to identify critical habitats, species-specific requirements for survival and population connectivity. This information has also direct applications to fisheries and spatial management planning. Our study highlighted the importance of Santa Elena Bay as a nursery ground for commercially important snappers, and demonstrated how habitat and environmental conditions affect the occurrence and use of specific areas within the bay at different temporal scales. Specifically, in this study we provide evidence that the Colorado (*L. Colorado*) and Pacific dog (*L. novemfasciatus*) snappers (1) exhibited long-term residency and use all available habitats along the entire coastline of Santa Elena Bay, (2) had a disproportional higher use of mangrove habitats relative to other habitats available, (3) exhibited ontogenetic habitat shifts, moving from inner estuarine to outer reef habitats over time, (4) showed lower probability of occurrence to the bay over time, suggesting emigration to other coastal habitats outside Santa Elena Bay, (5) had a higher probability of occurrence during upwelling months, followed by greater variability during non-upwelling months, and (6) were more likely affected by biological and temporal than environmental drivers. Our findings also highlight the need of investigating the degree of adult connectivity between Santa Elena Bay and other coastal habitats along the coast, as well as increase our understanding on how seasonal dynamics in residency patterns and space use of snappers may vary as a response of climate-driven changes.

Multiple studies have shown that snappers exhibit long term residency to specific areas along the coast. For example, the red snapper, *L. campechanus*, is known to use rocky/coral reefs for extended periods (Williams-Grove & Szedlmayer, 2020), whereas gray snappers, *L. griseus*, and schoolmaster snappers, *L. apodus*, are more common in estuarine environments (Hammerschlag-Peyer & Layman, 2010). Both our study species spent most of the monitoring time inside the Santa Elena Bay, which was expected based on previous studies that highlight the relevance of estuarine habitats for *L. colorado* and *L. novemfasciatus* at early life

stages (Hammerschlag-Peyer & Layman, 2010; Martinez-Andrade, 2003b; Vega et al., 2015). However, residency of snappers to Santa Elena Bay was variable and the probability of detection for both species decreased over time, particularly for larger *L. colorado*. The absence of multiple individuals for long periods (weeks or months) had a significant influence on residency estimates to the bay. In the adjacent coastal waters outside of the Santa Elena Bay, there are a number of rocky/coral reef habitats available that would support long-distance dispersal of large individuals. Previous tracking studies have shown that long-term absences of snappers from their core areas may be triggered by unsuitable weather conditions like storms (Bacheler et al., 2021; D. Topping & Szedlmayer, 2011), or because of reproductive emigrations offshore to spawning aggregations (Heidmann et al., 2021; Luo et al., 2009; TinHan et al., 2014). In this study, most *L. colorado* were considered mature, and gaps in detection of multiple individuals partially corresponded with reported spawning seasons of other snapper species along the Pacific coast of Costa Rica (Soto-Rojas et al., 2018; Vega & Maté, 2016). However, detailed information of the spawning sites of *L. colorado*, as well as the timing, frequency, and duration of reproductive events is limited. Although there was no relationship between size and probability of occurrence of *L. novemfasciatus*, we observed lower probability of occurrence in 2022 compared to 2021, which was likely attributed to growth. This species usually matures at size larger than 50 cm TL than those in our study (Duncan et al., 2011; Sala et al., 2003; Vega et al., 2015). The short monitoring period and limited size range in our sample might not have captured size-related difference well for this species (Hammerschlag-Peyer & Layman, 2010; Luo et al., 2009).

Previous research have shown that snappers have a strong preference for specific locations while occasionally exploring other areas (e.g. Topping et al. 2005, Topping & Szedlmayer 2011b, Piraino & Szedlmayer 2014, Heidmann et al. 2021). In the present study, roaming values were used as a proxy of space use, revealing that both species can use a substantial portion of Santa Elena Bay. However, the detection plots of snapper individuals showed that most of them displayed strong fidelity to specific receivers but occasionally extended their movements to adjacent

areas, likely responding to biological (e.g., food, refuge, ontogenetic shifts, size/sex segregation) and environmental (e.g., temperature, wind, precipitation, tide, oxygen, light levels) drivers. The observed roaming indexes should be considered carefully given that they reflect overall space use throughout the whole monitoring period but roaming can vary at multiple temporal scales and across habitats as suggested by the detection plots. The extent of space use can vary in response to fish size, seasonality, and habitat (Bacheler et al., 2021; Piraino & Szedlmayer, 2014; D. Topping & Szedlmayer, 2011).

In our study both snapper species used mangrove habitats disproportionately relative to transitional estuarine and reef habitats that are also available in Santa Elena Bay. However, over time there was an increase in the abundance of snappers in the reef compared to the mangrove region, particularly for *L. novemfasciatus*. Mangroves have been identified as essential fish habitat for several aquatic species, including snappers at early life stages (Martinez-Andrade, 2003b) as they provide enough food and refuge from predators. Snappers typically remain in estuarine and mangrove habitats seeking protected refuges for safety against predation (Hammerschlag-Peyer & Layman, 2010), before transitioning to rocky or coral reefs as they mature (TinHan et al., 2014; D. Topping & Szedlmayer, 2011; Williams-Grove & Szedlmayer, 2020). As fish grow, they face reduced predation risk, enabling exploration of diverse habitats to meet changing energetic needs (Werner et al. 1983, Sogard 1997). Because fish tend to exhibit relative rapid growth rates at early life stages (Beverton & Holt, 1959), including snappers (Ángel Pérez, 2011; Duncan et al., 2011; Soto Rojas et al., 2013). Although size was not included as a covariate in models to test this, the time frame of our study may have been enough to observe these ontogenetic behavioral shifts. In other estuarine locations our study species exhibited an augmented size distribution with increasing distance from mangrove habitats (Lyons & Schneider, 1990; Vega et al., 2015). In the Santa Elena Bay, a previous study found greater snapper's biomass in the outer region compared to the inner mangrove region (Arias Zumbado, 2021). Our results are potentially providing evidence of when and how this ontogenetic transition occurs within Santa Elena Bay. It has been observed that estuaries with fringing mangrove forest or with continuums

of adjacent heterogeneous habitats facilitate ontogenetic transitions for snappers (Faunce & Serafy, 2007). The bay encompasses diverse habitats that gradually transition from its inner regions to the outer reaches (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012). Thus, the fringing mangrove patches and rocky outcrops within transitional zones of the bay, are potentially facilitating ontogenetic shifts of our study species and their eventual migrations to the adjacent reefs. The extent to which juvenile and adult fish habitats are interconnected is a key process maintaining viable populations (Gillanders et al., 2003).

Climate driven environmental variability can result in temporal patterns in the residency and habitat selection of fish (Piraino & Szedlmayer, 2014; Topping & Szedlmayer, 2011). For instance, several studies have revealed the redistribution of fish towards refuges to avoid sharp conditions driven by natural climate phenomena, like ENSO or upwellings (Woodson et al., 2019). Acoustic tracking studies also show that seasonal changes in temperature can influence horizontal and vertical space use of different snapper species tracked in subtropical regions, likely due to physiological constraints (Bacheler et al., 2021; Bohaboy et al., 2022; Williams-Grove & Szedlmayer, 2017). We observed higher probability of occurrence during the upwelling in our snappers. Temperature and wind speed had a little but significant effect on the probability of occurrence of *L. novemfasciatus*. As temperature declined, their probability of occurrence slightly increased. This could reflect that snappers limit their excursions outside the bay, potentially selecting for warmer areas that may offer thermal physiological advantages (Fey et al., 2019). A reef fish survey in waters adjacent to Santa Elena Bay found a shift in fish assemblages between upwelling and non-upwelling months, suggesting that some species may change their spatial and seasonal distribution in response to environmental conditions (Eisele et al., 2020). In our study, we observed a minimal effect of wind speed, and it is improbable that this effect is related to its influence on receiver detection efficiency within our timeframe. This is further supported by previous equipment trials conducted over a short period that showed that wind had no significant effect on receiver performance (Matley et al., 2022). A study by Bohaboy et al. (2022) distinguished between maximum wind intensity and sustained winds as predictors

of red snapper, *L. campechanus*, movements, highlighting varied effects on movement metrics. In our study, it is possible that we might not be fully considering the impact of wind due to our limited consideration of the duration of sustained wind speeds. Other environmental drivers not accounted for in our study could also play a key role in explaining differences in space use by our study species. For example, hypoxia has been reported in near the mouth of the bay (Lizano & Alfaro, 2015; Stuhldreier et al., 2015), a condition that can become more pronounced during periods of upwelling. Additionally, other environmental drivers may have influenced the detection and habitat use patterns of our tracked snappers at shorter spatial and temporal scales. We observed higher detection frequency during crepuscular and nighttime periods which is likely related to predatory behavior as has been observed in other snappers (Bacheler et al., 2021; Banks et al., 2021; Heidmann et al., 2021; Piraino & Szedlmayer, 2014). However, diel patterns can also be influenced by the fluctuation of tides which may limit access to specific habitats (Dorenbosch et al., 2004; Hartill et al., 2004). Further analyses at finer temporal scales may help elucidate how these shorter-term processes shape the use of the bay by the study species.

Although abiotic drivers can shape the movement patterns of fish (Erisman et al., 2020; Woodson et al., 2019), the small or no effect of environmental drivers in our study species suggest other ecological interactions likely play a larger role in shaping their temporal patterns in occurrence and habitat use inside the bay. A meta-analysis by Erisman et al. (2020) on the red snapper, showed that these density-dependent mechanisms, particularly competition, predation, habitat quality and availability, may be more important drivers of red snapper densities than changes in environmental conditions, particularly for juveniles. Upwellings result not only in oceanographic conditions that may affect fish physiologically, but also influences interactions as a result from the increase in productivity that ultimately influences interactions up the trophic chain such as predator-prey dynamics and competition (Kämpf & Chapman, 2016). Thus, the increased use of the bay during upwelling months observed in our models, could be driven not only by more suitable temperatures, but also from shifts in intra and interspecific interactions. This is

supported by Arias Zumbado (2021) who described an increase in planktivorous fish within Santa Elena Bay during the first two months of the upwelling and a lagged increase in carnivorous fish on the following months, which reflects the overall shifting nature in the dynamic of the bay. Fish biomass, particularly of piscivore species, increased around march and April (Arias Zumbado, 2021). Additionally, our results revealed that more fish moved to the reef during the upwelling months, particularly *L. novemfasciatus*. This finding coincides with a previous study in Santa Elena Bay that detected a shift in fish assemblages throughout its different environments across seasons (Arias Zumbado, 2021). Thus, further research is needed to elucidate the differentiated use of the bay's regions in relation to its spatial mosaic of oceanographic conditions. A study conducted during non-upwelling months in a short period of time showed that the bay may exhibit a mosaic of different conditions between external reef and the inner estuarine areas of the bay given its geomorphology and water circulation patterns (Tisseaux-Navarro et al., 2021). Altogether our results show that the upwelling influences the spatial behavior of *L. colorado* and *L. novemfasciatus*, likely as result of the combined effect of physiological mechanisms and ecological dynamics. It is important to note that the data used for the models included 2021 and 2022 data, two years of consecutive La Niña, with particularly stronger index in 2022 ([https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)). La Niña intensifies upwelling conditions by bringing the thermocline closer to the surface decreasing temperatures and oxygen levels (Leung et al., 2019). The stronger La Niña conditions during 2022 led to more extreme low temperatures which could partly explain the observed difference in probability of occurrence and habitat use patterns between years, specifically, the higher probability of detection and use of the reef environment by *L. novemfasciatus* during upwelling months in 2022. Looking deeper into the spatiotemporal dynamics of the Santa Elena Bay coupled with trophic ecology may help elucidate more clearly if the shift towards the reef on the second year during the upwelling is triggered by either more physiologically suitable conditions, or due to density dependent mechanisms, that

may trigger food aggregations or displacement due to increase conspecific and/or predators inside the bay.

Findings of these study have important implications for adaptive fisheries management, particularly in estuarine tropical bays. Our findings support the role of Santa Elena Bay as a nursery for key species, benefitting ecosystem and fisheries through spillover effects for the colorado and pacific dog snappers. Although we expected a higher effect of environmental conditions on our study species due to the upwelling, we found a complex interaction of ontogenetic and seasonal mechanisms that plays a larger influence on the behavior of the studied species at these early life stages as observed for other snapper in other studies (Brewton et al., 2019; Faunce & Serafy, 2007; Ramos et al., 2016). Thus, environmental variability coupled with other biological and density-dependent mechanisms play a larger role in shaping the observed temporal patterns. Implementing spatial protection measures in similar settings that ensure connectivity between environments, can benefit snapper populations. Additionally, our results suggest that seasonal-based management measures should be considered, as the snappers' spatial behavior and abundance may vary depending on prey availability and oceanographic conditions. Incorporating refuges in spatial planning, especially in the face of a changing global climate becomes crucial to safeguard these highly utilized environments. Further research is essential to unravel the dynamics driving the spatiotemporal patterns of fish within the bay. This involves investigating trophic ecology and the coexistence of snapper species inhabiting the bay. Additionally, a finer temporal-scale examination of snapper behavior spatial behavior, accounting for environmental drivers of habitat use not considered in this study. Increasing our understanding of these patterns would significantly contribute to more accurate predictions for

## 5. ACKNOWLEDGEMENTS

Fieldwork would have not been possible without the support Verónica Valverde-Cantillo, Minor Lara Víctor, Minor Lara Angulo and Steven Lara Angulo (Diving Center Cuajiniquil), Paola Díaz, Lissy Ruiz, Elissa Arroyo, Anibal Lara (Cuajiniquil Snorkeling Tours), Freddy Ampié, Fausto Arias, Isaac Chaves, Jorge Valerio-Vargas, Michael Castro, Tejas Patel. Instituto Meteorológico Nacional. We also thank Área de Conservación Guanacaste (ACG-Costa Rica). This study was conducted under the permit R-ACG-PI-031-2020 and ADENDUM R-SINAC-ACG-PI-033-2020. This investigation was financially supported by A. Fisk at the University of Windsor and was part of the project B7146-21 from Vicerrectoría de Investigación from Universidad de Costa Rica

## 6. BIBLIOGRAPHY

- A Review of Red Snapper, *Lutjanus campechanus*, Acoustic Telemetry Studies. (2020). En S. T. Szedlmayer & S. A. Bortone (Eds.), *Red Snapper Biology in a Changing World* (pp. 49-74). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351242776-4>
- Alfaro, E. J., & Cortés, J. (2015). Atmospheric forcing of cool subsurface water events in Bahía Culebra, Gulf of Papagayo, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 60(6), 173. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i2.20001>
- Allan, B. J. M., Domenici, P., Munday, P. L., & McCormick, M. I. (2015). Feeling the heat: The effect of acute temperature changes on predator–prey interactions in coral reef fish. *Conservation Physiology*, 3(1), cov011. <https://doi.org/10.1093/conphys/cov011>
- Allen, R. M., Metaxas, A., & Snelgrove, P. V. R. (2018). Applying Movement Ecology to Marine Animals with Complex Life Cycles. *Annual Review of Marine Science*, 10(1), 19-42. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121916-063134>
- Alvarado, J. J., Beita-Jiménez, A., Mena, S., Fernández, C., Cortés, J., Sánchez-Noguera, C., Jiménez, C., & Guzmán-Mora, A. G. (2018). Cuando la conservación no puede seguir el ritmo del desarrollo: Estado de salud de los ecosistemas coralinos del Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66(1-1), 280. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.33300>
- Amador, J. A., Alfaro, E. J., Lizano, O. G., & Magaña, V. O. (2006). Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2-4), 101-142. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.007>
- Ángel Pérez, C. (2011). *Crecimiento y supervivencia de Lutjanus colorado (Jordan y Gilbert, 1882) en jaulas flotantes a dos densidades de siembra* [Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. [http://132.248.9.195/ptb2011/noviembre/0674740/0674740\\_A1.pdf](http://132.248.9.195/ptb2011/noviembre/0674740/0674740_A1.pdf)
- Appert, C., Udyawer, V., Simpfendorfer, C., Heupel, M., Scott, M., Currey-Randall, L., Harborne, A., Jaine, F., & Chin, A. (2023). Use, misuse, and ambiguity of

- indices of residence in acoustic telemetry studies. *Marine Ecology Progress Series*, 714, 27-44. <https://doi.org/10.3354/meps14300>
- Arias Zumbado, F. E. (2021). *Caracterización espacial de los vertebrados marinos y su aprovechamiento económico en Bahía Santa Elena, Costa Rica* [Maestría]. Universidad Nacional.
- Arias-Godínez, G., Jiménez, C., Gamboa, C., Cortés, J., Espinoza, M., & Alvarado, J. J. (2019). Spatial and temporal changes in reef fish assemblages on disturbed coral reefs, north Pacific coast of Costa Rica. *Marine Ecology*, 40(1), e12532. <https://doi.org/10.1111/maec.12532>
- Arias-Godínez, G., Jiménez, C., Gamboa, C., Cortés, J., Espinoza, M., Beita-Jiménez, A., & Alvarado, J. J. (2021). The effect of coral reef degradation on the trophic structure of reef fishes from Bahía Culebra, North Pacific coast of Costa Rica. *Journal of Coastal Conservation*, 25(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s11852-021-00802-x>
- Bacheler, N. M., Shertzer, K. W., Runde, B. J., Rudershausen, P. J., & Buckel, J. A. (2021). Environmental conditions, diel period, and fish size influence the horizontal and vertical movements of red snapper. *Scientific Reports*, 11(1), 9580. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88806-3>
- Banks, K., Curtis, J., Williams, J., Wetz, J., & Stunz, G. (2021). Designing cost-effective artificial reefs: Fine-scale movement and habitat use of Red Snapper (*Lutjanus campechanus*) around a nearshore artificial reef complex. *North American Journal of Fisheries Management*, 41. <https://doi.org/10.1002/nafm.10698>
- Beita-Jiménez, A., Alvarado, J., Mena, S., & Guzmán-Mora, A. (2019). Benefits of protection on reef fish assemblages in a human impacted region in Costa Rica. *Ocean & Coastal Management*, 169, 165-170. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.12.023>
- Beverton, R. J. H., & Holt, S. J. (1959). A Review of the Lifespans and Mortality Rates of Fish in Nature, and Their Relation to Growth and Other Physiological Characteristics. En *Ciba Foundation Symposium—The Lifespan of Animals*

- (*Colloquia on Ageing*) (pp. 142-180). John Wiley & Sons, Ltd.  
<https://doi.org/10.1002/9780470715253.ch10>
- BIOMARCC-SINAC-GIZ. (2012). *Clasificación sistemas marinos costeros costa pacífica de Costa Rica* (p. 63 págs).
- BIOMARCC-SINAC-GIZ. (2013). *Estudios científicos de hábitat marino costero y situación socioeconómica del Pacífico Norte de Costa Rica* (p. 236 págs).
- Bohaboy, E. C., Cass-Calay, S. L., & Patterson, W. F. (2022). Fine-scale movement of northern Gulf of Mexico red snapper and gray triggerfish estimated with three-dimensional acoustic telemetry. *Scientific Reports*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18451-x>
- Brett, J. R., & Groves, T. D. D. (1979). 6—Physiological Energetics. En W. S. Hoar, D. J. Randall, & J. R. Brett (Eds.), *Fish Physiology* (Vol. 8, pp. 279-352). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60029-1](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60029-1)
- Brewton, R., Downey, C., Streich, M., Wetz, J., Ajemian, M., & Stunz, G. (2019). Trophic ecology of red snapper *Lutjanus campechanus* on natural and artificial reefs of the northwestern Gulf of Mexico: Complex interactions between annual variability, habitat, and ontogeny. *Marine Ecology Progress Series*, 635. <https://doi.org/10.3354/meps13210>
- Crossin, G. T., Heupel, M. R., Holbrook, C. M., Hussey, N. E., Lowerre-Barbieri, S. K., Nguyen, V. M., Raby, G. D., & Cooke, S. J. (2017). Acoustic telemetry and fisheries management. *Ecological Applications*, 27(4), 1031-1049. <https://doi.org/10.1002/eap.1533>
- Dahlgren, C. P., & Eggleston, D. B. (2000). Ecological processes underlying ontogenetic habitat shifts in a coral reef fish. *Ecology*, 81(8), 2227-2240. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[2227:EPUOHS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2227:EPUOHS]2.0.CO;2)
- Dance, M. A., & Rooker, J. R. (2015). Habitat- and bay-scale connectivity of sympatric fishes in an estuarine nursery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 167, 447-457. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.10.025>
- De Mitcheson, Y. S., Cornish, A., Domeier, M., Colin, P. L., Russell, M., & Lindeman, K. C. (2008). A Global Baseline for Spawning Aggregations of Reef Fishes. *Conservation Biology*, 22(5), 1233-1244.

1739.2008.01020.x

- Dominici-Arosemena, A., & Bnignoli, E. (2005). Community structure of Eastern Pacific reef fishes (Gulf of Papagayo, Costa Rica). *Tecnociencia*, 7(2), 19-41.
- Dorenbosch, M., Verweij, M. C., Nagelkerken, I., Jiddawi, N., & van der Velde, G. (2004). Homing and Daytime Tidal Movements of Juvenile Snappers (Lutjanidae) between Shallow-Water Nursery Habitats in Zanzibar, Western Indian Ocean. *Environmental Biology of Fishes*, 70(3), 203-209. <https://doi.org/10.1023/B:EBFI.0000033336.10737.f5>
- Duncan, N., Ibarra, Z., Hernández, C., García Aguilar, N., Velasco, G., Rodríguez-Ibarra, E., Ibarra, L., Rodríguez Montes de Oca, G., Parra, M., Quintana-Casares, J., Roque, A., & Valle, G. (2011). Maduración del Pargo prieto (*Lutjanus novemfasciatus*) en cautiverio. En *Avances en acuicultura y manejo ambiental* (pp. 39-55).
- Eisele, M. H., Madrigal-Mora, S., & Espinoza, M. (2020). Drivers of reef fish assemblages in an upwelling region from the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, jfb.14639. <https://doi.org/10.1111/jfb.14639>
- Erismán, B. E., Bolser, D. G., Ilich, A., Frasier, K. E., Glaspie, C. N., Moreno, P. T., Dell'Apa, A., de Mutsert, K., Yassin, M. S., Nepal, S., Tang, T., & Sacco, A. E. (2020). A meta-analytical review of the effects of environmental and ecological drivers on the abundance of red snapper (*Lutjanus campechanus*) in the U.S. Gulf of Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30, 437-462. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09608-w>
- Espinoza, M., Arias-Zumbado, F., Chaves-Zamora, I., & Farías-Tafolla, B. (2022). Comparación de cuatro métodos para contar peces en una bahía tropical: El caso del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena en el Pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 70, 15.
- Faunce, C. H., & Serafy, J. E. (2007). Nearshore habitat use by gray snapper (*Lutjanus griseus*) and bluestriped grunt (*Haemulon sciurus*): Environmental gradients and ontogenetic shifts. *Bulletin of Marine Science*, 80(3), 473-495.
- Fey, S. B., Vasseur, D. A., Alujević, K., Kroeker, K. J., Logan, M. L., O'Connor, M. I., Rudolf, V. H. W., DeLong, J. P., Peacor, S., Selden, R. L., Sih, A., &

- Clusella-Trullas, S. (2019). Opportunities for behavioral rescue under rapid environmental change. *Global Change Biology*, 25(9), 3110-3120. <https://doi.org/10.1111/gcb.14712>
- Fiedler, P. C., & Lavín, M. F. (2017). Oceanographic Conditions of the Eastern Tropical Pacific. En P. W. Glynn, D. P. Manzello, & I. C. Enochs (Eds.), *Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific* (Vol. 8, pp. 59-83). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_3)
- Gillanders, B., Able, K., Brown, J., Eggleston, D., & Sheridan, P. (2003). Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: An important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series*, 247, 281-295. <https://doi.org/10.3354/meps247281>
- Grüss, A., Kaplan, D. M., Guénette, S., Roberts, C. M., & Botsford, L. W. (2011). Consequences of adult and juvenile movement for marine protected areas. *Biological Conservation*, 144(2), 692-702. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.015>
- Hammerschlag-Peyer, C. M., & Layman, C. A. (2010). Intrapopulation variation in habitat use by two abundant coastal fish species. *Marine Ecology Progress Series*, 415, 211-220. <https://doi.org/10.3354/meps08714>
- Hartill, B., Morrison, M., Smith, M., Boubée, J., & Parsons, D. M. (2004). Diurnal and tidal movements of snapper (*Pagrus auratus*, Sparidae) in an estuarine environment. *Marine and Freshwater Research*, 54, 931-940. <https://doi.org/10.1071/MF02095>
- Heidmann, S. L., Jossart, J., Kimble, M., & Nemeth, R. S. (2021). Home range characteristics and diel patterns in space use of mutton snapper, *Lutjanus analis*, in St. Thomas, US Virgin Islands. *Animal Biotelemetry*, 9(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40317-021-00237-z>
- Heupel, M. R., Reiss, K. L., Yeiser, B. G., & Simpfendorfer, C. A. (2008). Effects of biofouling on performance of moored data logging acoustic receivers. *Limnology and Oceanography: Methods*, 6(7), 327-335. <https://doi.org/10.4319/lom.2008.6.327>
- Hussey, N. E., Kessel, S. T., Aarestrup, K., Cooke, S. J., Cowley, P. D., Fisk, A. T.,

- Harcourt, R. G., Holland, K. N., Iverson, S. J., Kocik, J. F., Flemming, J. E. M., & Whoriskey, F. G. (2015). Aquatic animal telemetry: A panoramic window into the underwater world. *Science*, 348(6240). <https://doi.org/10.1126/science.1255642>
- Jimenez, C., & Cortés, J. (2003). Growth of seven species of scleractinian corals in an upwelling environment of the eastern Pacific (Golfo de Papagayo, Costa Rica). *Bulletin of Marine Science*, 72, 187-198.
- Kämpf, J., & Chapman, P. (2016). *Upwelling Systems of the World*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42524-5>
- Keefer, M. L., Peery, C. A., & High, B. (2009). Behavioral thermoregulation and associated mortality trade-offs in migrating adult steelhead (*Oncorhynchus mykiss*): Variability among sympatric populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66(10), 1734-1747. <https://doi.org/10.1139/F09-131>
- Kessel, S. T., Cooke, S. J., Heupel, M. R., Hussey, N. E., Simpfendorfer, C. A., Vagle, S., & Fisk, A. T. (2014). A review of detection range testing in aquatic passive acoustic telemetry studies. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(1), 199-218. <https://doi.org/10.1007/s11160-013-9328-4>
- Klinard, N. V., & Matley, J. K. (2020). Living until proven dead: Addressing mortality in acoustic telemetry research. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30(3), 485-499. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09613-z>
- Kraft, S., Gandra, M., Lennox, R. J., Mourier, J., Winkler, A. C., & Abecasis, D. (2023). Residency and space use estimation methods based on passive acoustic telemetry data. *Movement Ecology*, 11(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s40462-022-00364-z>
- Kramer, D. L., & Chapman, M. R. (1999). Implications of fish home range size and relocation for marine reserve function. *Environmental Biology of Fishes*, 55(1), 65-79. <https://doi.org/10.1023/A:1007481206399>
- Lazaridis, E. (2022). *lunar: Lunar Phase & Distance, Seasons and Other Environmental Factors* (version 0.2-01) [Software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/lunar/lunar.pdf>

- Leung, S., Thompson, L., McPhaden, M. J., & Mislán, K. A. S. (2019). ENSO drives near-surface oxygen and vertical habitat variability in the tropical Pacific. *Environmental Research Letters*, 14(6), 064020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1c13>
- Lizano, O. G. (2006). Algunas características de las mareas en la costa Pacífica y Caribe de Centroamérica. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 24(1), Article 1. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/view/2654>
- Lizano R., O. G., & Alfaro M., E. J. (2015). Dinámica atmosférica y oceánica en algunos sitios del Área de Conservación Guanacaste (ACG), Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 17. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20018>
- Luo, J., Serafy, J. E., Sponaugle, S., Teare, P. B., & Kieckbusch, D. (2009). Movement of gray snapper *Lutjanus griseus* among subtropical seagrass, mangrove, and coral reef habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 380, 255-269. <https://doi.org/10.3354/meps07911>
- Lyons, J., & Schneider, D. W. (1990). Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia*, 203(1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/BF00005608>
- Martinez-Andrade, F. (2003). *A comparison of life histories and ecological aspects among snappers (Pisces: Lutjanidae)* [Doctor]. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Matley, J. K., Tobin, A. J., Lédée, E. J. I., Heupel, M. R., & Simpfendorfer, C. A. (2016). Contrasting patterns of vertical and horizontal space use of two exploited and sympatric coral reef fish. *Marine Biology*, 163(12), 253. <https://doi.org/10.1007/s00227-016-3023-7>
- Matley, J. K., Vargas-Araya, L., Espinoza, M., & Fisk, A. T. (2022). Habitat-specific performance of high-frequency acoustic telemetry tags in tropical marine environment. *Marine and Freshwater Research*, 73(5), 710-717. <https://doi.org/10.1071/MF21042>
- Moffitt, E. A., Botsford, L. W., Kaplan, D. M., & O'Farrell, M. R. (2009). Marine reserve networks for species that move within a home range. *Ecological*

- Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 19(7), 1835-1847. <https://doi.org/10.1890/08-1101.1>
- Murray, D. L., & Sandercock, B. K. (Eds.). (2020). *Population Ecology in Practice*.
- Nathan, R., Getz, W. M., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D., & Smouse, P. E. (2008). A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(49), 19052-19059. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800375105>
- Pimentel, C. R., & Joyeux, J.-C. (2010). Diet and food partitioning between juveniles of mutton *Lutjanus analis*, dog *Lutjanus jocu* and lane *Lutjanus synagris* snappers (Perciformes: Lutjanidae) in a mangrove-fringed estuarine environment. *Journal of Fish Biology*, 76(10), 2299-2317. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02586.x>
- Pinsky, M. L., Selden, R. L., & Kitchel, Z. J. (2020). Climate-Driven Shifts in Marine Species Ranges: Scaling from Organisms to Communities. *Annual Review of Marine Science*, 12(1), 153-179. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010419-010916>
- Piraino, M. N., & Szedlmayer, S. T. (2014). Fine-Scale Movements and Home Ranges of Red Snapper around Artificial Reefs in the Northern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*, 143(4), 988-998. <https://doi.org/10.1080/00028487.2014.901249>
- Pörtner, H.-O., Bock, C., & Mark, F. C. (2017). Oxygen- and capacity-limited thermal tolerance: Bridging ecology and physiology. *Journal of Experimental Biology*, 220(15), 2685-2696. <https://doi.org/10.1242/jeb.134585>
- R Core Team. (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (4.2.2) [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ramos, J. a. A., Barletta, M., Dantas, D. V., & Costa, M. F. (2016). Seasonal and spatial ontogenetic movements of Gerreidae in a Brazilian tropical estuarine ecocline and its application for nursery habitat conservation. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 696-712. <https://doi.org/10.1111/jfb.12872>
- Reis-Filho, J. A., Schmid, K., Harvey, E. S., & Giarrizzo, T. (2019). Coastal fish

- assemblages reflect marine habitat connectivity and ontogenetic shifts in an estuary-bay-continental shelf gradient. *Marine Environmental Research*, 148, 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.05.004>
- Rojas, J. R. (1997). Dieta del «pargo colorado» *Lutjanus colorado* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 45(3), 1173-1183.
- Roth, F., Stuhldreier, I., Sánchez-Noguera, C., Morales-Ramírez, Á., & Wild, C. (2015). Effects of simulated overfishing on the succession of benthic algae and invertebrates in an upwelling-influenced coral reef of Pacific Costa Rica. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 468, 55-66. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.03.018>
- Sala, E., Aburto-Oropeza, O., Paredes, G., & Thompson, G. (2003). Spawning aggregations and reproductive behavior of reef fishes in the Gulf of California. *Bulletin of Marine Science*, 72(1), 103-121.
- SINAC. (2017). *Plan General de Manejo del Sitio de Importancia para la Conservación Bahía* (p. 69). SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación).
- Soto Rojas, R. L., Mejía Arana, F., Palacios, J. A., & Hiramatsu, K. (2013). Reproducción y crecimiento del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57(1-2). <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i1-2.11303>
- Soto-Rojas, R. L., Hernández-Noguera, L. A., & Vega-Alpízar, J. L. (2018). Parámetros poblacionales y hábitos alimenticios del pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) en el Área Marina de Pesca Responsable Paquera-Tambor, golfo de Nicoya, Costa Rica. *Uniciencia*, 32(2), 96-110.
- Stuhldreier, I., Sánchez-Noguera, C., Rixen, T., Cortés, J., Morales, A., & Wild, C. (2015). Effects of Seasonal Upwelling on Inorganic and Organic Matter Dynamics in the Water Column of Eastern Pacific Coral Reefs. *PLoS One*, 10(11), e0142681. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142681>
- TinHan, T., Erisman, B., Aburto-Oropeza, O., Weaver, A., Vázquez-Arce, D., & Lowe, C. (2014). Residency and seasonal movements in *Lutjanus*

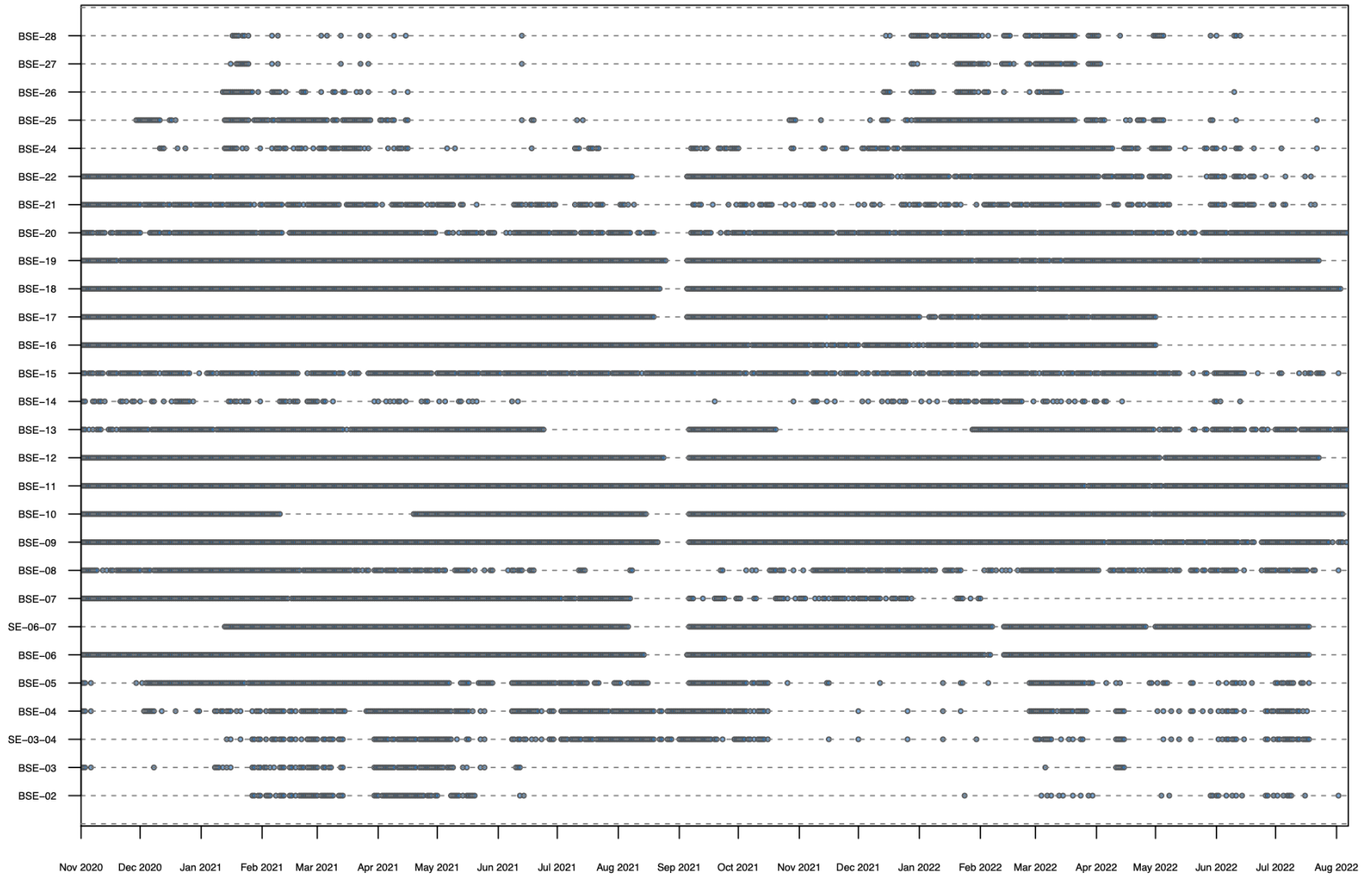
- argentiventris* and *Mycteroperca rosace* at Los Islotes Reserve, Gulf of California. *Marine Ecology Progress Series*, 501, 191-206. <https://doi.org/10.3354/meps10711>
- Tisseaux-Navarro, A., Salazar-Ceciliano, J. P., Cambronero-Solano, S., Vargas-Hernández, J. M., & Marquez, X. (2021). Reverse circulation in Bahía Santa Elena, North Pacific of Costa Rica. *Regional Studies in Marine Science*, 43, 101671. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101671>
- Topping, D., & Szedlmayer, S. (2011). Site fidelity, residence time and movements of red snapper *Lutjanus campechanus* estimated with long-term acoustic monitoring. *Marine Ecology Progress Series*, 437, 183-200. <https://doi.org/10.3354/meps09293>
- Topping, D. T., Lowe, C. G., & Caselle, J. E. (2005). Home range and habitat utilization of adult California sheephead, *Semicossyphus pulcher* (Labridae), in a temperate no-take marine reserve. *Marine Biology*, 147(2), 301-311. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-1573-1>
- Topping, D. T., & Szedlmayer, S. T. (2011). Home range and movement patterns of red snapper (*Lutjanus campechanus*) on artificial reefs. *Fisheries Research*, 112(1), 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.08.013>
- Vasconcelos, R. P., Reis-Santos, P., Costa, M. J., & Cabral, H. N. (2011). Connectivity between estuaries and marine environment: Integrating metrics to assess estuarine nursery function. *Ecological Indicators*, 11(5), 1123-1133. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.12.012>
- Vega, Á. J., & Maté, J. L. (2016). *First Report of Reproductive Aggregations for Pacific Red Snappers Lutjanus peru (Nicholson y Murphy, 1992) and Spotted Rose Snapper L. guttatus (Steindachner, 1869) in the Coiba National Park, Pacific of Panama*. 7.
- Vega, Á. J., P, Y. A. R., & Godi, K. (2015). El papel de los manglares como criaderos de pargo (Lutjanidae) en el Golfo de Chiriquí. *Tecnociencia*, 17(2), 83-97.
- Villalobos-Rojas, F., Herrera-Correal, J., Garita-Alvarado, C. A., Clarke, T., & Beita-Jiménez, A. (2014). Actividades pesqueras dependientes de la ictiofauna en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 119.

<https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20038>

- Wagner, G. N., Cooke, S. J., Brown, R. S., & Deters, K. A. (2011). Surgical implantation techniques for electronic tags in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21(1), 71-81. <https://doi.org/10.1007/s11160-010-9191-5>
- Williams-Grove, L. J., & Szedlmayer, S. T. (2017). Depth preferences and three-dimensional movements of red snapper, *Lutjanus campechanus*, on an artificial reef in the northern Gulf of Mexico. *Fisheries Research*, 190, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.01.003>
- Wood, S. N. (2011). Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)*, 73(1), 3-36.
- Wood, S., & Scheipl, F. (2020). *gamm4: Generalized Additive Mixed Models using «mgcv» and «lme4»* (0.2-6) [Software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/gamm4/index.html>
- Woodson, C. B., Micheli, F., Boch, C., Al-Najjar, M., Espinoza, A., Hernandez, A., Vázquez-Vera, L., Saenz-Arroyo, A., Monismith, S. G., & Torre, J. (2019). Harnessing marine microclimates for climate change adaptation and marine conservation. *Conservation Letters*, 12(2), e12609. <https://doi.org/10.1111/conl.12609>
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-87458-6>

## 7. SUPPLEMENTARY INFORMATION

### Annex 1. Station detection plots



Annex 2. Station plots for Colorado snapper (*L. colorado*) individuals. Arranged from smallest to largest individual Arrows indicate weeks-long absences.



**Annex 3. Station plots for Pacific dog snapper (*L. novemfasciatus*) individuals. Arranged from smallest to largest individual. Arrows indicate weeks-long absences.**



**Annex 4. Summaries for candidate GAMM model selection for both species. Random intercept was the tag ID of each individual fish.**

<b><i>L colorado</i></b>				
Model	AICc	dAICc	df	Weight
Total length + dyear x year + year + moon	3227.5	0	7	0.5767
All except Wind speed	3229.7	2.2	10	0.1882
All except Temperature	3230.1	2.6	10	0.1559
Full model: Total length + dyear x year + year + Temperature + Rain + Wind speed + Moon illumination	3233.7	6.2	12	0.0262
All except Temperature and Rain	3233.7	6.2	12	0.0262
All except Rain	3234.2	6.8	11	0.0197
All except Total length	3238.3	10.8	11	0.0026
dyear x year + year + temperature	3238.3	10.8	5	0.0026
All except Moon	3238.9	11.4	11	0.0019
Null model: only random intercept	6787.3	3559.8	2	<0.001
<b><i>L novemfasciatus</i></b>				
All except TL and Rain and Moon	6151.8	0	9	0.289
All except Rain	6152.6	0.8	11	0.195
All except TL and Rain and Moon and Wind	6152.7	0.9	7	0.181
All except Total length	6154	2.2	11	0.098
All except Moon	6154.4	2.6	11	0.078
Full model: Total length + dyear x year + year + Temperature + Rain + Wind speed + Moon illumination	6154.6	2.8	12	0.072
All except Wind speed	6155.7	3.9	10	0.041
All except Temperature	6159.9	8.1	10	0.005
Null model: only random intercept	8366.2	2214.4	2	<0.001

## CAPÍTULO 2

### REVELANDO EL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE ESPECIES DE PARGOS (LUTJANIDAE) MEDIANTE UN ENFOQUE DE CIENCIA CIUDADANA MARINA

**Vargas-Araya L.** <sup>1,2</sup>, **Espinoza M.** <sup>1,3</sup>

1. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, 2060-11501 San José, Costa Rica
2. Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales, Universidad de Costa Rica, 2060-11501 San José, Costa Rica
3. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 2060-11501 San José, Costa Rica

## RESUMEN

La ciencia ciudadana se está incorporando con más frecuencia en investigaciones marinas que involucran a pescadores en la aplicación de monitoreos biológicos. Las iniciativas de ciencia ciudadana marina pueden ampliar la escala espacial y temporal en que se recolectan datos de especies de interés comercial, contribuyendo de esta forma a mejorar la gestión integral de los recursos marinos. Este estudio determinó la distribución espacial de las especies de pargos (Lutjanidae) en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena (AMM-BSE), ubicada en el Pacífico Norte de Costa Rica, mediante un enfoque de ciencia ciudadana marina. Para esto se realizaron tres eventos de pesca-liberación en los que participaron diferentes sectores, incluyendo tour-operadores locales, representantes de instituciones gubernamentales, miembros de las comunidades costeras, y turistas. A lo largo de todos los torneos se registraron 268 individuos de 30 especies de peces. Los pargos representaron el 46% de las capturas totales, las cuales estuvieron distribuidas en seis especies; el pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) y pargo dientón (*L. novemfasciatus*) fueron las especies más abundantes. La mayoría de los pargos capturados estaban por debajo de la talla de primera madurez sexual. La proporción de las especies varió espacial y temporalmente a lo largo de los eventos de pesca-liberación. Nuestros resultados demuestran la importancia del AMM-BSE como un hábitat clave para diferentes especies de pargo en estadios tempranos de vida. La implementación del enfoque de ciencia ciudadana marina demostró ser efectiva para generar información sobre la distribución de pargos en la bahía y con potencial de continuar implementándose para apoyar el monitoreo del área.

## PALABRAS CLAVE

Costa Rica, Lutjanidae, pargos, ciencia ciudadana, marcaje-liberación, pesca deportiva.

## 1. INTRODUCCIÓN

La generación de datos de la distribución y uso de hábitat de especies marinas de interés comercial es clave para la identificación de áreas de importancia ecológica (por ejemplo, áreas de crianza, sitios de alimentación, rutas migratorias), y para una gestión adecuada del recurso pesquero (Allen et al., 2018b; Moffitt et al., 2009). A medida que aumenta la urgencia de estos datos, es esencial adoptar un enfoque integrado de gestión costera que aproveche diversos enfoques de investigación. En este contexto, implementar programas de ciencia ciudadana marina que incluyan la participación de pescadores puede contribuir significativamente a la recopilación de datos pesqueros (Fulton et al., 2019). La ciencia ciudadana es un enfoque que incorpora a personas voluntarias no científicas en alguna, o en varias, etapas de investigación (Bela et al., 2016; Senabre, 2018; Vohland et al., 2021). Los proyectos basados en ciencia ciudadana tienen el potencial de complementar otros métodos científicos de manera rentable, permitiendo ampliar la cobertura espaciotemporal de la recopilación de datos (Gibson et al., 2019). Además, la participación directa de voluntarios en ciencia, genera sensibilización, educación e intercambio de conocimiento local, lo que estimula el compromiso con la gestión de los recursos (Bonney et al., 2009; Cigliano et al., 2015). Por lo tanto, la ciencia ciudadana ofrece la oportunidad de respaldar la implementación de monitoreos participativos sostenibles a largo plazo, al mismo tiempo que fortalece la gestión y protección de los recursos pesqueros.

Los programas marinos de ciencia ciudadana, en los que participan pescadores debidamente entrenados, son capaces de generar información confiable que permita estimar aspectos como la abundancia relativa, frecuencia de tallas y distribución de especies objetivo (Bolser et al., 2018; Degenford et al., 2021; Esteves-Dias et al., 2020), indicadores fundamentales para el manejo pesquero. Las personas científicas ciudadanas pueden aportar datos mediante reportes de avistamiento, capturas o métodos de pesca-liberación (Bolser et al., 2018; Degenford et al., 2021; Esteves-Dias et al., 2020). La técnica de captura-liberación, ampliamente utilizada en la pesca deportiva, se ha convertido en una herramienta valiosa para involucrar a pescadores deportivos en la recopilación de datos

científicos (Cooke et al., 2013; Gibson et al., 2019; Griffin et al., 2021; Lucy & Davy, 2000). Los pescadores pueden aplicar esta técnica y reportar sus capturas, proporcionando información sobre las especies, tamaños y ubicación de los organismos capturados (Griffin et al., 2021; Pinder et al., 2014), incluso en eventos tipo torneo bajo métodos estandarizados (Gibson et al., 2019; Hargrove et al., 2015). Así, este enfoque ha demostrado ser efectivo para recopilar datos espaciotemporales, permitiendo la evaluación de la abundancia relativa, la distribución y las tendencias de las poblaciones de peces en áreas específicas (Griffin et al., 2021).

En el Pacífico norte de Costa Rica, dentro del Golfo de Santa Elena, se encuentra la Bahía Santa Elena (BSE), una bahía de crianza de especies de peces de interés comercial, y que fue designada como un Área Marina de Manejo (AMM) en el año 2018 tras un proceso participativo (Decreto No. 41171-MINAE). Como Área Silvestre Protegida, en el AMM-BSE es necesario implementar monitoreos de sus elementos focales de manejo mediante protocolos ecológicos específicos. Uno de los elementos focales de manejo del área son especies de peces de interés comercial. Así, el AMM-BSE cuenta con un Plan de Aprovechamiento (SINAC, 2020a) donde se describen protocolos de monitoreo de peces mediante múltiples técnicas, incluida la técnica de pesca-liberación con caña y carrete, considerada como una técnica efectiva de monitoreo del recurso pesquero dentro de la bahía (Espinoza et al., 2022). Esto ha sido probado en múltiples países, donde los pescadores deportivos han sido aliados valiosos para el manejo pesquero y la conservación, pues bajan los costos de los monitoreos mientras que generan incentivos socioeconómicos para la conservación (Granek, Madin, Brown, Figueira, Cameron, Hogan, Kristianson, de Villiers, et al., 2008). Sin embargo, no se ha aplicado frecuentemente por limitaciones en los recursos sociales y financieros que implica.

Los pargos son un grupo diverso de peces demersales tropicales y subtropicales altamente asociados a hábitats arrecifales (Martinez-Andrade, 2003), y además uno de los grupos más importantes en pesquerías artesanales (Cawthorn & Mariani, 2017; De Young, 2007; FAO, 2022). En ciertas regiones del Pacífico Tropical Oriental (PTO), algunas especies de pargos han sido sobreexplotadas, o

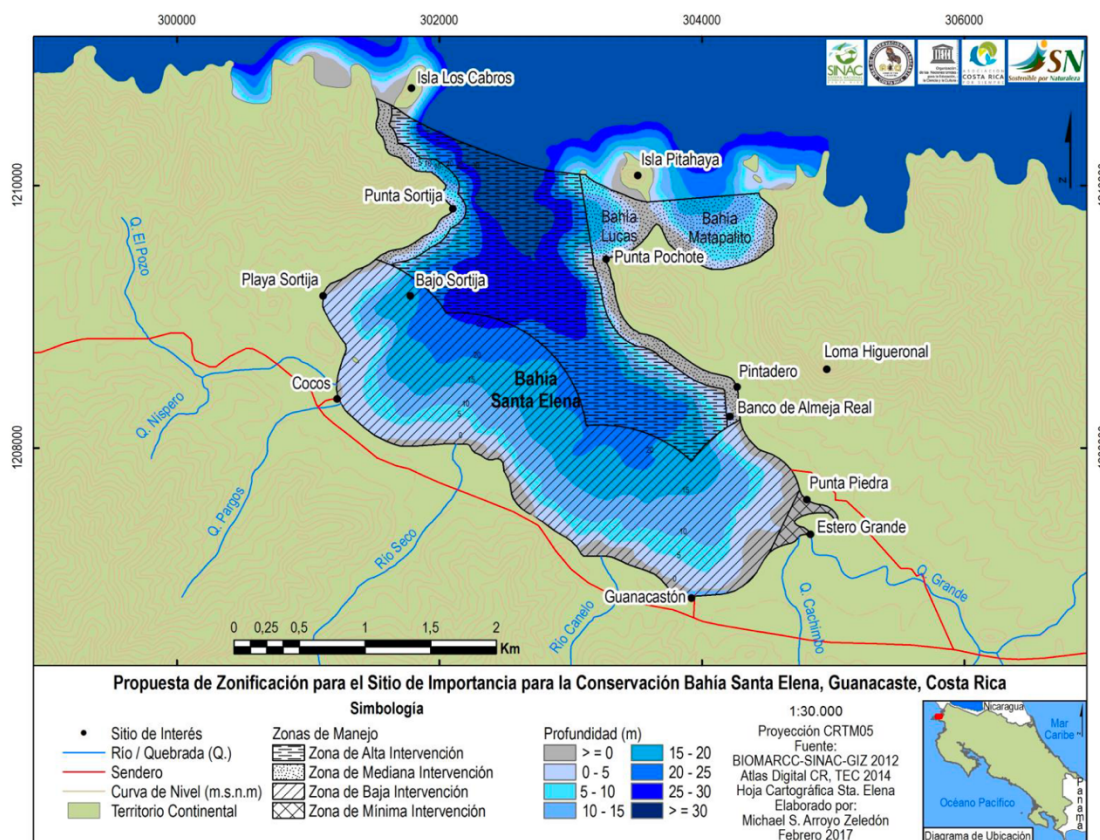
sus poblaciones son deficientes en datos (FAO, 2022). En general, los pargos muestran residencia a largo plazo en áreas con paisajes marinos heterogéneos que les proporcionan recursos esenciales a través de las diferentes etapas de su vida (Gillanders et al., 2003; Martínez-Andrade, 2003). Los juveniles de muchas especies de pargo permanecen cerca de manglares y sitios estuarinos poco profundos, mientras que los adultos utilizan una gama más amplia de hábitats costeros (Martínez-Andrade, 2003). En pargos, los patrones espaciales también son afectados por interacciones intra e interespecíficas y variables ambientales, cuyos efectos pueden variar según su estadio de vida (Erisman et al., 2020). Al alcanzar la madurez sexual, algunas especies de pargos migran a sitios específicos para formar agregaciones de desove (De Mitcheson et al., 2008). Sin embargo, el grado de asociación a hábitats específicos y patrones de uso del espacio puede diferir entre especies de pargo según sus hábitos específicos (Luo et al., 2009; Martínez-Andrade, 2003). A pesar de su importancia, se conoce poco sobre la ecología de poblaciones de pargos, particularmente en etapas tempranas de vida, lo que limita la caracterización de sus hábitats críticos.

Se ha sugerido que AMM-BSE actúa como zona de crianza para especies de pargos de interés comercial por su abundancia en tallas relativamente pequeñas (Arias Zumbado, 2021; SINAC, 2020a). Los pargos (familia Lutjanidae) son uno de los principales grupos objetivo de la pesca artesanal y recreativa en el Golfo de Santa Elena, Pacífico Norte de Costa Rica (Farías-Tafolla et al., 2022; SINAC, 2017; Villalobos-Rojas et al., 2014). Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la diversidad, abundancia y distribución de peces capturados mediante la técnica de pesca deportiva en diferentes hábitats del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, con énfasis en los patrones de distribución de los pargos. Para esto se implementaron eventos participativos de pesca científica con diversos actores comunitarios adecuando el protocolo de monitoreo original del Plan de Aprovechamiento Pesquero por su potencial de ser implementado desde un enfoque grupal de ciencia ciudadana.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el AMM-BSE, una bahía estuarina de ~728 ha de extensión (Figura 1), ubicada dentro del Golfo Santa Elena en el Pacífico norte de Costa Rica (SINAC, 2017). BSE pertenece al Área de Conservación Guanacaste (ACG) y está bordeada por el Parque Nacional Santa Rosa. Su borde costero interior es somero (<10 m de profundidad), y en el medio llega hasta 35 m de profundidad (Lizano & Alfaro, 2015). En la zona más interna, la bahía cuenta con un manglar, algunos de sus canales y manglares de borde se inundan solamente durante la marea alta. El paisaje cambia gradualmente hacia el exterior hacia parches de manglares más dispersos y playas de arena y escombros con formaciones rocosas (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012). Durante la época lluviosa (mayo a noviembre), pequeños ríos descargan en las regiones interior y media de la bahía (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012, 2013). Durante la estación seca (diciembre a abril) se da el afloramiento de Papagayo, lo que resulta en el enfriamiento y enriquecimiento de las aguas de la región del Pacífico norte de Costa Rica (Amador et al. 2006, Alfaro & Cortés 2015, Stuhldreier et al. al. al. 2015). Este afloramiento se caracteriza por aguas frías y ricas en nutrientes en la zona del Golfo de Santa Elena (Alfaro & Cortés, 2021; Stuhldreier, et al., 2015). Un plan de zonificación delimita cuatro áreas con diferentes niveles de intervención permitidos (muy bajo a alto). Más del 50% de la bahía representa un área de no pesca (intervención muy baja a baja) que cubre principalmente las regiones más internas de la bahía y el contorno de la costa. La pesca (línea de mano, liberación de capturas recreativas o extracción con apnea) solo está permitida en las áreas de intervención media y alta, que comprenden alrededor del 42% del área de manejo, ubicadas en las regiones exteriores y más profundas de la bahía (SINAC, 2017).




**Figura 1.** Zonificación del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, Pacífico norte de Costa Rica. Fuente: SINAC (2017).

## 2.2. Colecta de datos

**2.2.1. Convocatoria y entrenamiento de participantes:** Se convocó principalmente a tour-operadores del cantón de La Cruz (Guanacaste) que realizarán actividades de pesca deportiva, la mayoría habitantes de las comunidades costeras de El Jobo y Cuajiniquil. También se invitó a personas de otros sectores comunitarios relevantes para el AMM, como representantes de instituciones gubernamentales (como ACG el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, INCOPESCA), el sector privado relacionado principalmente a turismo, y líderes de organizaciones comunitarias (García, 2013). Se hizo una serie de talleres, uno introductorio y otros de entrenamiento la tarde previa el evento de pesca científica. La planificación de los talleres se basó en las sugerencias de Hernández-Sampieri et al. (2014) para aumentar la participación y considerar la

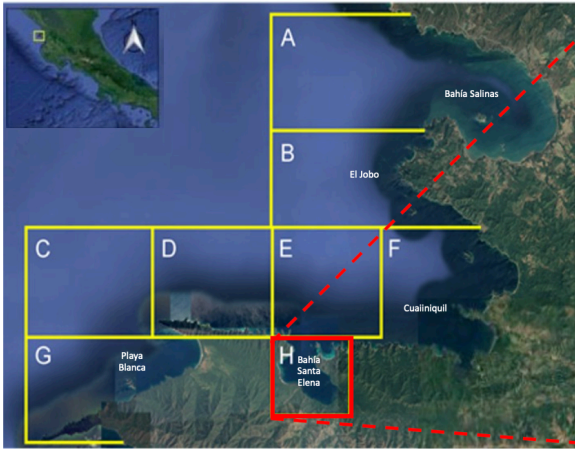
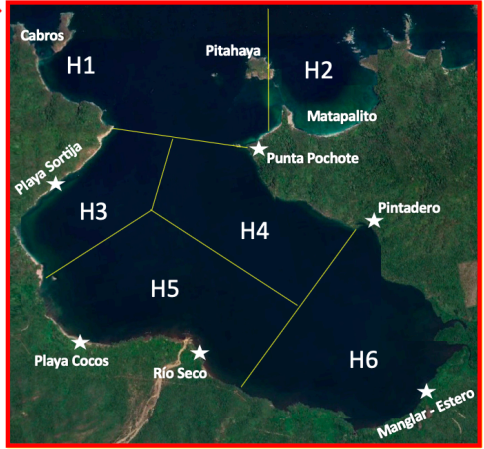
heterogeneidad y diversidad del grupo. Así, se ofrecieron aperitivos durante los talleres y se facilitó una agenda previa de las actividades. El primer taller fue introductorio para presentar brevemente a las personas investigadoras a cargo del proyecto, definir los objetivos del proyecto, hablar del AMM-BSE y la necesidad de implementar un monitoreo del recurso pesquero, y conocer a los participantes. Además, se definieron los principios de la ciencia ciudadana (Robinson et al., 2018), los beneficios generales para la investigación y gestión pesquera, y los potenciales beneficios sociales y económicos para los participantes voluntarios. Finalmente, se invitó a los participantes a ser parte de un estudio dirigido a aumentar el conocimiento sobre la distribución y abundancia de pargos en el AMM-BSE, mediante eventos de pesca deportiva científica. Para mejorar la organización de los eventos, se creó un grupo de comunicación en *WhatsApp* con los interesados. En este grupo se comunicó información relevante a la organización de los eventos de pesca y se mantuvo la comunicación constante entre investigadores y voluntarios de proyectos de ciencia ciudadana como estrategia para mantener la confianza y retención de los participantes (Vann-Sander et al., 2016).

Previo a cada evento de pesca científica, se implementó un taller de preparación en el que se hizo una presentación para refrescar los objetivos del proyecto, materiales y metodologías de la investigación, así como las normas y los beneficios de participar. Posteriormente, se explicó una vez frente a todo el grupo cómo se colocan las marcas y cómo debían usarse las tablas de datos. Los participantes fueron divididos en subgrupos, cada uno acompañado por un biólogo para practicar el marcaje, medición y la toma de datos utilizando las tablas y mapas suministrados (Figura 2). En el mapa, los cuadrantes H1, H2 y H3 se definieron como hábitat arrecifal, H4 y H5 como transicional y el H6 como manglar. Además, se proporcionaron marcas externas de identificación para peces (“etiqueta de dardo de plástico” marca Floy Tag, modelo FT-2-94 Dart tag) para entrenar a los participantes en el marcaje de individuos capturados.



**INSTRUCCIONES**

1. Al inicio de la jornada de pesca, anote la información que se solicita en la parte superior de la hoja.
2. Una vez capturado un pez, utilice el mapa para ubicar el sitio de captura basándose en el sistema de códigos de letras y números de la siguiente imagen:

3. Al final de la jornada de pesca, escribir la hora final y el tiempo efectivo de pesca, es decir, las horas dedicadas a la pesca.

**Figura 2.** Mapa utilizado durante los eventos de pesca científica.

**2.2.2. Eventos de monitoreo:** Los eventos de pesca científica fueron grupales, con la participación de entre cuatro y cinco embarcaciones. Se procuró mantener un número similar de botes y de personas pescadoras para reducir diferencias en el esfuerzo de captura. El esfuerzo de captura se definió como la cantidad de pescadores por el número de embarcaciones por el área de muestreo de cada ambiente. Se siguió la metodología del monitoreo basado en la técnica de pesca con caña y señuelo a partir del Plan de Aprovechamiento del Recuerdo Pesquero del AMM-BSE (SINAC, 2020a). Sin embargo, se realizaron ajustes al protocolo para permitir la participación de más de una embarcación y científicos ciudadanos previamente entrenados (Vargas-Araya et al. datos no publicados). Por ejemplo, se modificó el mapa donde se demarcan las zonas para reducir las zonas señaladas para simplificar los métodos y reducir el riesgo de errores, e incorporar más puntos de referencia. Para esto se hizo una validación en la que a diferentes tour-operadores se les dio el un mapa para que indicaran el nombre de cinco puntos señalados, luego los nombres sugeridos se incorporaron al mapa final (Figura 2). En cada evento o torneo de pesca científica se realizó una premiación variada (ej.

bote con más especies de pargos, el pargo con la talla más pequeña, pargo con la talla más grande, entre otras) para incentivar la participación de tour-operadores y clientes, y reducir sesgos hacia la captura de una especie o de individuos más grandes. Además del enfoque en pargos, se capturaron y midieron otras especies de peces de interés comercial y turístico para generar datos de otras especies focales de manejo y contribuir así al Plan de Aprovechamiento (SINAC, 2017).

A cada bote se le entregó una cinta métrica, una tabla para toma de datos, marcas externas de identificación y aplicadores. Para reducir las probabilidades de mortalidad de los individuos capturados, se les brindó una red de mano para una mejor manipulación de las capturas de peces en el agua, y se les dio un contenedor que pudieran rellenar con agua para el procesamiento de los peces capturados. En cada bote se asignó a una persona capacitada a bordo para fiscalizar los procedimientos de la captura y la toma de datos. Se hizo pesca con caña y señuelo artificial por un total de 5-6 h, es decir aproximadamente 2 h por cada zona de la bahía, arrecifal, transicional y de manglar, particularmente sobre la franja de la costa (Figura 2) pues por el comportamiento de los peces se espera que se concentren en ambientes estructuralmente más complejos (hábitats arrecifales y manglares) y de menor profundidad dentro la bahía.

La primera y última zona de muestreo dependía de la marea, pero siempre se procuró que en alguna hora de la mañana estuviera la marea alta para poder ingresar completamente a la parte interna del manglar. Para cada pez capturado se tomó la siguiente información: (i) cuadrante de captura, (ii) hora de captura, (iii) especie, (iv) longitud total (definir) o longitud de horquilla dependiendo de la especie, (v) nombre del pescador, y (vi) código de la marca externa (Anexo 1). Posteriormente, los peces capturados fueron colocados en el agua suavemente moviendo al individuo de adelante para atrás para su máxima aireación hasta que el pez saliera nadando.

### **2.3. Análisis de datos**

Aunque el estudio se enfocó en la familia de los pargos, la riqueza específica y la abundancia acumulada de cada familia de peces identificada se resumió por

hábitat. Para analizar la estructura de tallas de los pargos se crearon histogramas de frecuencia de las tallas por ambiente para las especies que tuvieran más de 20 individuos capturados. Para comparar la abundancia relativa de pargos en los diferentes hábitats del AMM-BSE, se estimó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) (Hubert & Fabrizio, 2007). Debido a la variabilidad del esfuerzo pesquero en términos de número de pescadores, botes y área muestreada por tipo de hábitat, es necesario estandarizar la medida relativo al esfuerzo implementado para que refleje las proporciones de las especies relativas de manera no sesgada (Hubert & Fabrizio, 2007). Por lo tanto, se estandarizó el CPUE como:

$$CPUE = \frac{Biomasa (kg/ha)}{Esfuerzo pesquero (pescador * bote)}$$

Para estimar la biomasa de las especies de pargos estandarizada por el área de cada ambiente, se consideró la relación longitud-peso usando la ecuación:

$$Biomasa = \frac{a \times TL^b}{Área(ha)}$$

Donde a y b son los coeficientes alométricos específicos para cada especie, obtenidos de Fishbase y TL es la longitud total. Debido a que el muestreo se concentró en el borde de la costa, se delineó el área de muestreo como una franja de 250 m a lo largo del borde de costa de la costa. Luego se estimó el área (ha) de la franja correspondiente a cada hábitat usando QGIS (QGIS Development Team, 2021)

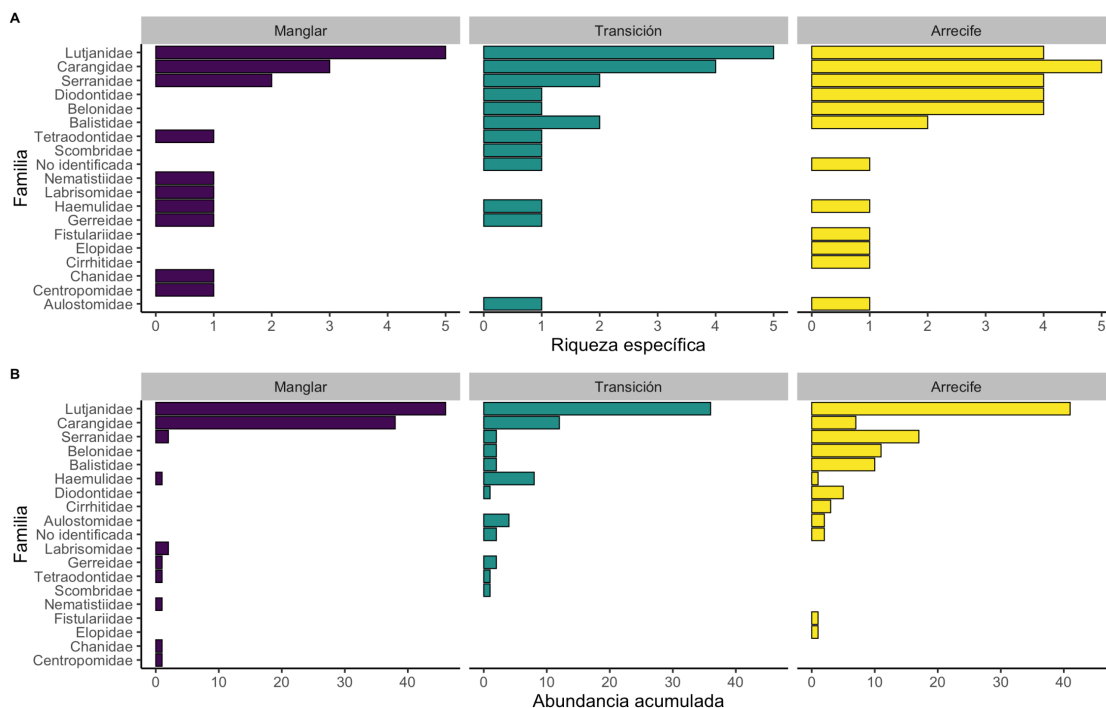
### 3. RESULTADOS

Entre octubre 2021 y agosto 2022 se realizaron tres eventos de pesca-liberación, bajo un enfoque de ciencia ciudadana, en AMM-BSE. En estos eventos participaron entre cuatro y cinco embarcaciones, para un total de 23-27 personas pescadoras por evento, y entre 5 y 6 horas de pesca (Cuadro 1). El esfuerzo en términos de tiempo efectivo de pesca promedio fue de 5 horas con 23.4 minutos. Los eventos de octubre 2021 y marzo 2022 presentaron mayor cantidad de participantes (20 y 27 participantes, respectivamente) en comparación al de agosto 2022 (23 participantes).

**Cuadro 1.** Resumen de capturas totales de peces y esfuerzo de muestreo en eventos de pesca-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.

Eventos	No. botes	Tiempo pesca (h)	No. pescadores	No. capturas	No. especies	No. pargos	No. especies pargos	Talla promedio ( $\pm$ DE cm)
Octubre 2021	5	5.75	20	100	29	43	4	28.2 $\pm$ 6.6
Marzo 2022	5	5	27	85	29	43	4	27.6 $\pm$ 5.9
Agosto 2022	4	5.43	23	83	26	37	6	31.7 $\pm$ 7.1

**Composición de las capturas:** En total, se capturaron 268 individuos de 30 especies de peces óseos pertenecientes a 18 familias (Anexo 2). De estos, 42 individuos se clasificaron a nivel de familia pues no se pudieron identificar a nivel de especie y 4 individuos no se pudieron identificar del todo, y fueron agrupados como categoría “no identificada”. Los jureles (Carangidae) y los pargos (Lutjanidae) fueron las familias más diversas, con cuatro y cinco especies, respectivamente, y también las más abundantes en todos los ambientes muestreados (Figura 3). En hábitats arrecifales, las familias Serranidae, Diodontidae y Belonidae igualaron en número de especies a los pargos con cuatro especies.



**Figura 3.** (A) Riqueza específica y (B) abundancia acumulada de capturas de peces por familia por ambiente registradas durante los eventos de pesca-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.

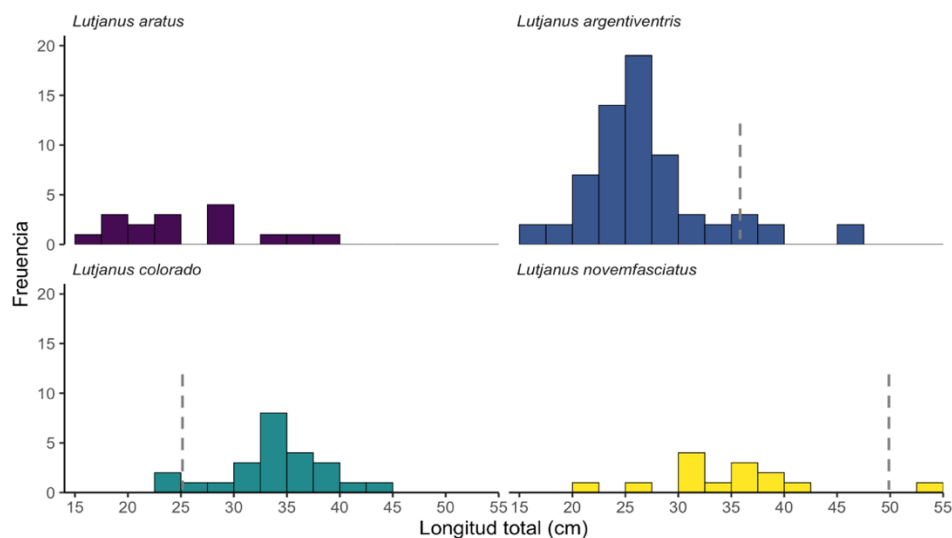
Los pargos (Lutjanidae) representaron un 46% de las capturas totales (123 individuos), seguidos de Carangidae con 21% y Serranidae con 5%. En el primer evento en octubre de 2021 los pargos representaron el 43% de las capturas, en marzo de 2022 el 50.6% y en agosto el 44.6%. Los jureles representaron el 22%, 22.4% y 19.3% respectivamente. En todos los eventos los pargos representaron más de un 43% de las capturas y los jureles más 19% (Figura X).

**Composición de pargos:** Se registró un total de 123 pargos de cinco especies, los pargos jilguero (*L. aratus*), cola amarilla (*L. argentiventris*), colorado (*L. colorado*), mancha (*L. guttatus*), y colmillón (*L. novemfasciatus*) estuvieron presentes en todos los eventos, excepto el pargo mancha, *L. guttatus*, que se capturó solo en el último evento (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Abundancia de pargos capturados durante los tres eventos de pesca científica.

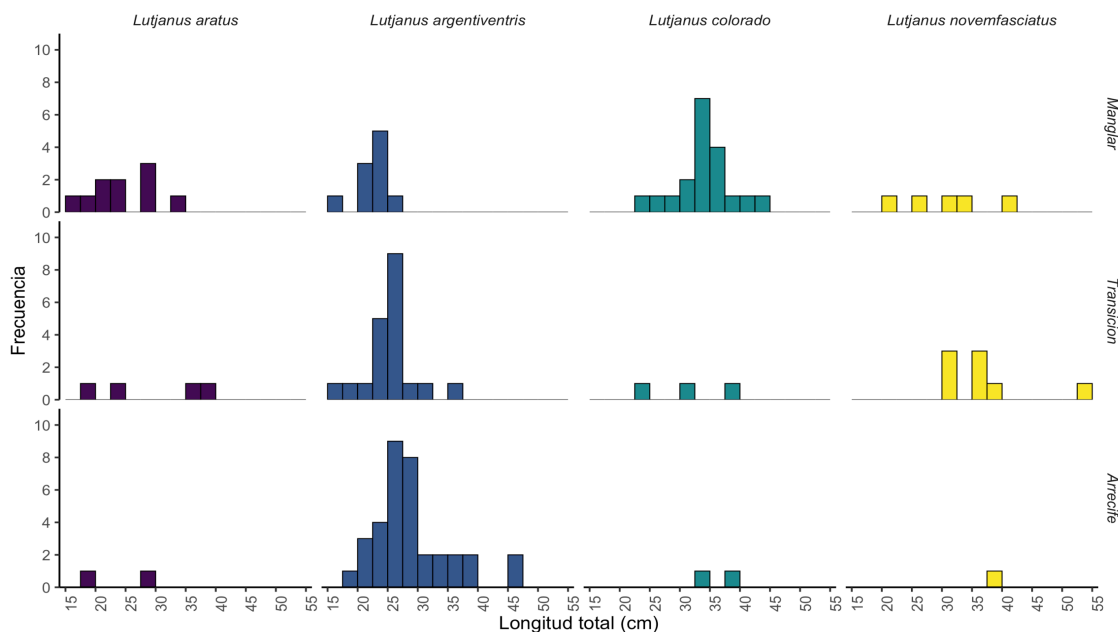
Especie	Evento 1	Evento 2	Evento 3	Total
	Octubre 2021	Marzo 2022	Agosto 2022	
<i>Lutjanus aratus</i>	7	5	4	16
<i>Lutjanus argentiventris</i>	22	34	10	66
<i>Lutjanus colorado</i>	11	1	12	24
<i>Lutjanus guttatus</i>	0	0	3	3
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	3	3	8	14
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>37</b>	<b>123</b>

Del total de las capturas, el 84.8% de *L. argentiventris* y el 92.9% de *L. novemfasciatus* estuvieron debajo de la talla de madurez sexual (Figura 4). Del *L. guttatus* se capturaron solamente tres individuos por lo que no se hizo su análisis de frecuencias, pero todos estaban en etapas juveniles. Del *L. colorado* el 91.7% se encontró en estados de madurez. Para *L. aratus* no se encontró talla de madurez reportada.



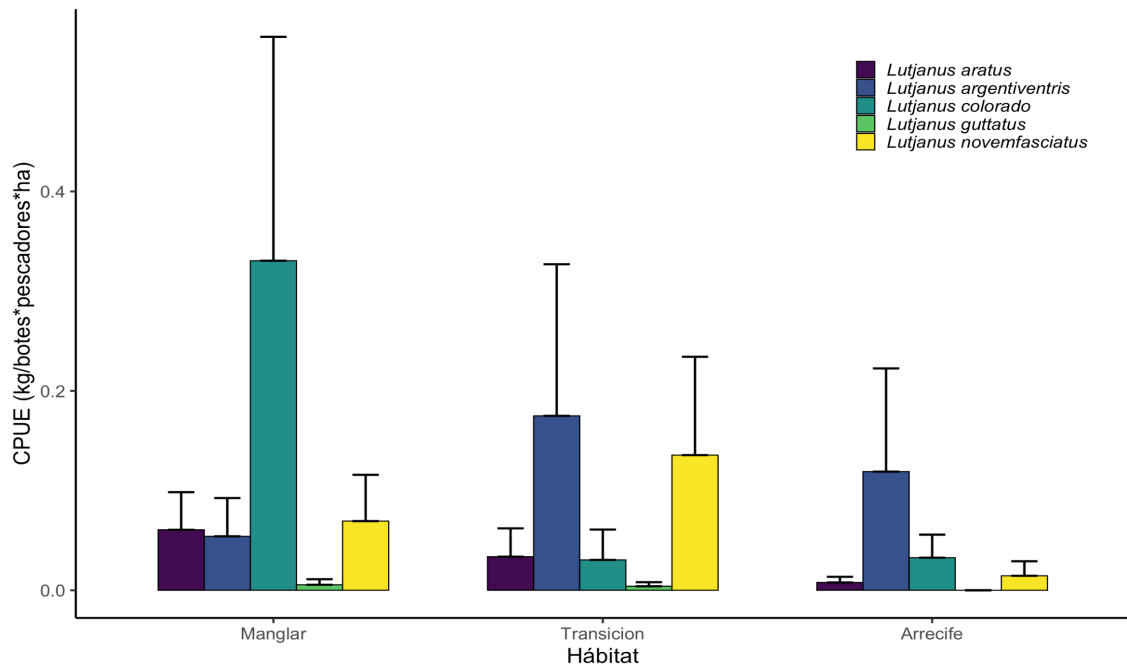
**Figura 4.** Frecuencia de tallas de las especies de pargo capturadas durante eventos de pesca-liberación basados en ciencia ciudadana en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, Pacífico norte de Costa Rica. Línea punteada representa la talla reportada de madurez encontrada en la literatura. No se encontró talla de madurez reportada para *L. aratus*.

El análisis de frecuencia de tallas por hábitat no mostró un patrón claro de segregación de tallas entre ambientes (Figura 5). Sin embargo, *L. argentiventris* y *L. novemfasciatus* mostraron una tendencia de aumento de tamaño del hábitat de manglar al arrecifal. *L. aratus* y *L. novemfasciatus* registraron sus tallas máximas en la zona de transición (Figura 5).

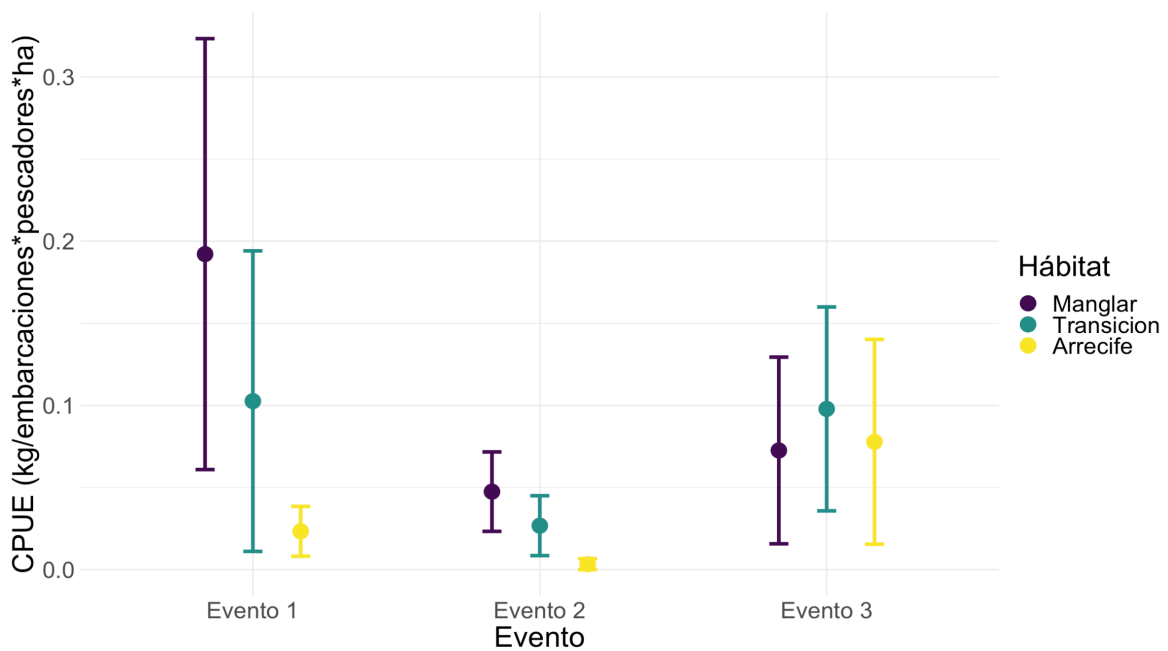


**Figura 5.** Distribución de tallas de las especies de pargos capturados durante los eventos de pesca-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.

En el manglar y en el ambiente transicional se reportaron todas las cinco especies de pargo capturadas, sin embargo, *L. guttatus* no fue capturada en la zona arrecifal. En la zona de manglar, la mayor abundancia relativa (CPUE) de pargos correspondió a *L. colorado*, en el transicional a *L. argentiventris* y *L. novemfasciatus*, y en la zona arrecifal a *L. argentiventris* (Figura 6). Para *L. aratus*, *L. colorado* y *L. guttatus*, la abundancia relativa fue mayor en el manglar y disminuyó hacia la zona externa arrecifal. En el caso de *L. argentiventris* y *L. novemfasciatus* su abundancia relativa fue mayor en el hábitat de transición comparado a los hábitats de manglar y arrecifal. Sin embargo, la abundancia relativa fue variable entre fechas de los eventos de pesca-liberación (Figura 7).



**Figura 6.** Distribución de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE\*1000) de los pargos en los diferentes hábitats del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.



**Figura 7.** Captura por unidad de esfuerzo (CPUE\*1000) de los pargos en los diferentes eventos de monitoreo en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.

## 4. DISCUSIÓN

Comprender la ecología espacial de los peces de importancia comercial es clave para identificar hábitats críticos y procesos de conectividad de una población, información que es muy relevante para informar acerca del planeamiento espacial y gestión del recurso pesquero. La ciencia ciudadana es un enfoque de investigación que puede incorporarse a los monitoreos biológicos de manera efectiva para generar mayor cantidad de información de manera costo-efectiva y que además genere beneficios socioambientales. Para evaluar la distribución y abundancia relativa de pargos en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena (AMM-BSE), en esta investigación se implementó el monitoreo basado en pesca deportiva del Plan de Aprovechamiento Pesquero (SINAC, 2020b) adecuada a un enfoque de ciencia ciudadana (Vargas-Araya et al. datos no publicados). La información obtenida a partir del enfoque de ciencia ciudadana permitió resaltar la importancia del AMM-BSE como un sitio potencial de crianza de múltiples especies de pargos, y además generar información detallada de cómo estas especies utilizan distintos ambientes de la bahía. Específicamente, se identificó (1) la efectividad de implementar el enfoque de ciencia ciudadana en el monitoreo basado en pesca-liberación, (2) la importancia de la bahía para los pargos en estadios tempranos de vida, (3) la segregación espacial de las tallas para algunas especies, y (4) heterogeneidad en la distribución de las diferentes especies, y (5) posibles variaciones temporales en sus patrones de distribución.

En el AMM-BSE se han reportado más de 140 especies de peces en estudios usando diferentes métodos de muestreo (Angulo et al., 2021; Arias Zumbado, 2021; Espinoza et al., 2022). En nuestro estudio se registraron 30 especies y 268 individuos. Espinoza et al. (2022) con esta misma técnica, capturaron 22 especies y 136 individuos en 21 faenas de pesca distribuidas en ocho meses aproximadamente, de siete horas cada vez, con dos a cinco pescadores. Arias Zumbado (2021) reportó 32 especies y 314 organismos capturados mediante pesca deportiva a lo largo de un año de muestreo (12 faenas). Al igual que en nuestro estudio, las familias Lutjanidae (pargos) y Carangidae (jureles) fueron las más abundantes en ambos estudios (Arias Zumbado, 2021; Espinoza et al., 2022). Esto

demuestra el aporte de la ciencia ciudadana para expandir la cantidad de información recolectada de manera efectiva al hacer un monitoreo grupal. Aunque se hizo menos esfuerzo de muestreo en términos temporales, se obtuvieron más capturas y una representatividad de más especies. Al mismo tiempo, se destaca la efectividad de la técnica de pesca-liberación para complementar otros métodos de monitoreo para obtener datos representativos de todos los ambientes de la bahía, incluso en ambientes de baja visibilidad, como el área de manglar y transicional, que limitan la efectividad de monitoreos basados en técnicas visuales (Espinoza et al., 2022; SINAC, 2020b). Algunas especies no se lograron identificar a nivel de especie, sino que se escribieron nombres a nivel de familia u otras categorías taxonómicas. La identificación correcta de especies en programas de ciencia ciudadana es uno de los mayores retos para asegurar registros confiables (Austen et al., 2016; Foster-Smith & Evans, 2003; Gibson et al., 2019). Por lo tanto, es importante que, en la medida de lo posible, las anotaciones de especies se puedan complementar con registros fotográficos que puedan facilitar la identificación posterior. A pesar de que en los eventos hubo un porcentaje de especies no identificadas, la mayoría de las capturas de especies de importancia comercial consideradas como elementos focales de manejo de acuerdo al SINAC sí pudieron ser identificadas correctamente, tanto por investigadores como por pescadores basados en su experiencia.

En general, en este estudio los pargos fueron muy abundantes en todos los eventos de pesca. Para el AMM-BSE se han reportado nueve especies de pargo (Angulo et al., 2021; Espinoza et al., 2022). Anteriormente, aplicando el protocolo de monitoreo original basado en pesca-liberación, Espinoza et al. (2022) y Arias Zumbado, (2021) reportaron seis especies de pargo, de las cuales cuatro (*L. aratus*, *L. argentiventris*, *L. colorado* y *L. novemfasciatus*) fueron capturadas mediante la técnica de pesca deportiva. En este estudio, además de estas cuatro especies se logró registrar *L. guttatus*. Igualmente, estos dos estudios coinciden con la presente investigación en que la mayor proporción de los pargos de todas las especies se encontraron en tallas relativamente pequeñas, usualmente por debajo de la talla de primera madurez sexual, excepto para *L. colorado*, la cual se encontró casi solamente en estados maduros. *Lutjanus argentiventris*, *L. novemfasciatus*, y *L.*

*colorado* se consideran estuarino-dependientes por su utilización de estos ambientes como zona de crianza. De *L. colorado* también es común que se encuentre en estadios de madurez temprana en ambiente estuarinos. En cambio, *L. guttatus* se considera no dependiente de estos ambientes (Martinez-Andrade, 2003a). En general, el patrón de diversidad de pargos y de sus tallas en la bahía coincide con otros estudios en ambientes similares a los presentes en la bahía (Hammerschlag-Peyer & Layman, 2010; Martinez-Andrade, 2003a; Vega et al., 2015). Así, los resultados sugieren que varias de las especies potencialmente usan la bahía como zona de crianza.

El grado de conectividad entre hábitats de peces juveniles y adultos es un proceso clave para mantener poblaciones viables (Gillanders et al., 2003), y es una de las características clave para la definición de zonas de crianza para peces (Dahlgren & Eggleston, 2000b). Generalmente, estudios basados en estructura de tallas, muestran un cambio gradual entre los tamaños de los pargos encontrados en zonas internas estuarinas hacia zonas arrecifales, sugiriendo migraciones ontogenéticas entre ambientes. Esto también es apoyado por estudios de movimiento que evidencian la conectividad entre los diferentes tipos de ambiente (Vargas-Araya et al. datos no publicados). En este estudio, la segregación de tallas entre ambientes no fue tan marcada. Esto puede indicar que hay microhábitats disponibles dentro de un mismo hábitat que pueden ser aprovechados por individuos de diferentes tamaños (Aschenbrenner et al., 2016). No obstante, en especies con un número mayor de individuos capturados (ej. *L. argentiventris*, *L. colorado* y *L. novemfasciatus*), sí se observó una tendencia gradual de una mayor frecuencia de tallas pequeñas en el manglar y tallas más grandes hacia la zona externa arrecifal de la bahía. Esto coincide con estudios en otras localidades estuarinas, donde estas mismas especies se encuentran principalmente en tallas pequeñas y con una distribución de mayores tamaños a medida que aumentaba la distancia de los hábitats de manglar (Vega et al., 2015). Los ambientes de manglar proveen refugios contra la depredación cuando los peces son pequeños (Hammerschlag-Peyer & Layman, 2010). Al crecer, estos migran a arrecifes rocosos o de coral conforme maduran (Williams-Grove & Szedlmayer, 2020; TinHan et al., 2014; Topping & Szedlmayer, 2011). A medida que los peces crecen, se enfrentan

a un menor riesgo de depredación, lo que permite expandir su ámbito de hogar para explorar una mayor variedad de hábitats disponibles, y satisfacer así sus necesidades energéticas (Sogard, 1997; Werner et al., 1983). Nuestros resultados sugieren que, para algunas especies de pargo, existe una segregación espacial marcada entre diferentes estadios de madurez. Este tipo de segregación podría facilitar la conectividad de individuos entre ambientes (Dance & Rooker, 2015; Gillanders et al., 2003; Pimentel & Joyeux, 2010; Reis-Filho et al., 2019; Vasconcelos et al., 2011) y mantener la producción pesquera a medida que los individuos más grandes abandonan su zona de crianza para reclutarse con el stock pesquero adulto (Grüss et al., 2011; Kramer & Chapman, 1999).

Nuestro estudio encontró una mayor abundancia relativa de pargos en la zona de manglar comparado a zonas de transición y arrecifal del AMM-BSE. Sin embargo, la distribución de las especies varió entre las diferentes zonas de la bahía. En un mismo sitio, especies simpátricas pueden segregarse especialmente a diferentes escalas, lo cual les permite reducir la competencia intra e interespecífica por recursos (Takahashi et al., 2020). Es posible que las diferencias en la distribución y abundancia relativa de especies de pargos observada a lo largo del AMM-BSE se deba a que éstas estaban aprovechando diferentes hábitats y microhábitats disponibles para refugiarse, encontrar alimento, y reducir la competencia por recursos. En el ambiente transicional, tanto *L. novemfasciatus* como *L. argentiventris* registraron sus mayores valores de abundancia relativa, lo que puede indicar que, aunque es un ambiente con menos estructura comparado al manglar y al arrecife, existen recursos disponibles para estas especies que son las más grandes. En el hábitat arrecifal donde se presentó menos capturas, *L. argentiventris* fue la más abundante, esta es una especie que en comparación a otras especies de pargo, se asocia a ambientes más salobres y arrecifales (Lyons & Schneider, 1990; Ramirez-Martínez et al., 2016; Vega et al., 2015).

Los patrones de la distribución de pargos también variaron entre eventos. En el evento de marzo 2022, que coincide con la época de afloramiento, se registraron mucho menos capturas por unidad de esfuerzo, al igual que lo reportado en otros estudios (Arias Zumbado (2021)). Los cambios estacionales en las condiciones oceanográficas pueden alterar la distribución de los peces, tanto por mecanismos

fisiológicos (Brett & Groves, 1979; Fey et al., 2019; Keefer et al., 2009) como por cambios en la dinámica de interacción interespecífica como las interacciones depredador presa (Kämpf & Chapman, 2016). En el Golfo de Santa Elena, el afloramiento se ha identificado como un factor determinante en la distribución y composición de peces en ambientes arrecifales (Eisele et al., 2020). Es posible que los cambios en la distribución de los pargos según el mes, responda a efectos del afloramiento. Arias Zumbado (2021), por ejemplo, reportó cambios en la biomasa de diferentes grupos de peces presentes en los diferentes meses del mes, sugiriendo que los cambios en las abundancias de las presas y de los depredadores de algunos de los principales grupos como los pargos derivados por los cambios en la productividad y los efectos a lo largo de la cadena trófica del afloramiento estaban alterando la distribución de estos. En efecto, los mecanismos dependientes de la densidad, suelen ser de los principales determinantes en la selección de hábitat de los peces, incluidos los pargos (Bachelier et al., 2021; Erisman et al., 2020). Más aún, análisis de individuos de *L. colorado* y *L. novemfasciatus* monitoreados mediante telemetría acústica muestran posibles variaciones en el uso de hábitat según la época (Vargas-Araya et al. datos no publicados). No obstante, será clave dar continuidad a la aplicación del monitoreo para cuantificar el efecto de la estacionalidad en su comportamiento, y para considerar la variabilidad de las condiciones en el momento de los monitoreos. La marea, por ejemplo, es un importante determinante en el comportamiento de los pargos al limitar al acceso a algunos ambientes, como las raíces de manglares en mareas bajas (Dorenbosch et al., 2004; Hartill et al., 2004).

El enfoque de ciencia ciudadana demostró su valor para ampliar la recopilación de datos y al involucrar a la comunidad local en los esfuerzos de conservación marina, contribuyendo a la comprensión de la dinámica ecológica en el AMM-BSE y su papel para especies de importancia ecológica y comercial. Trabajar con investigadores y observadores a bordo permitió asegurar el cumplimiento de los procedimientos necesarios para un análisis efectivo de los datos (Gibson et al., 2019). Además, establecer dos fechas aproximadas fijas al año, horas de pesca por evento y zonas predefinidas para el muestreo, permitió una estandarización que garantice posteriores análisis (Gundelund et al., 2020). Se

sugiere una mayor participación de pescadores artesanales para notificar posibles recapturas tras los eventos de marcaje, aportando información para estimar tasas de crecimiento y dispersión de los peces. En general, será clave implementar de manera continua monitoreos de peces en el área mediante las diversas técnicas contempladas en el Plan de Aprovechamiento Pesquero. Combinar diversas técnicas permite obtener estimaciones más exhaustivas de la diversidad y distribución de tallas en el área protegida (Espinoza et al., 2022). De esta manera, los monitoreos ayudarán a generar: (1) información del estado de los peces de interés comercial dentro del área de manejo, (2) comprender mejor sus patrones espaciotemporales y los factores que los determinan, y (3) generar datos relevantes para el manejo pesquero en la región en general.

## 5. AGRADECIMIENTOS

El trabajo de campo no hubiera sido posible sin el apoyo de los tour operadores, empresas y personas voluntarias integrantes de Ciencia Ciudadana Marina Santa Elena (CC-MAR). Gracias a Lissy Ruiz, Christian Zúñiga, Roberto Rojas, Gabriel Sibaja, Fausto Arias, Minor Lara Angulo, Jorge Valerio, por su rol de organización de los eventos de pesca científica. Restaurante Arrecife por el espacio para las capacitaciones. Agradecemos al Área de Conservación Guanacaste (ACG-Costa Rica) e Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA). Este estudio se realizó bajo el permiso R-ACG-PI-031-2020 y ADENDUM R-SINAC-ACG-PI-033-2020. Este proyecto fue apoyado financieramente por el Sistema de Estudios de Posgrado (SEP) de la Universidad de Costa Rica.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, E.-J., & Cortés, J. (2021). Forcing of cool and warm subsurface water events in Bahía Salinas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 69(Suppl. 2), Article Suppl. 2. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/48315>
- Allen, R. M., Metaxas, A., & Snelgrove, P. V. R. (2018). Applying Movement Ecology to Marine Animals with Complex Life Cycles. *Annual Review of Marine Science*, 10(1), 19–42. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121916-063134>
- Angulo, A., Martínez-Servín, F., Torres-Hernández, E., Domínguez-Domínguez, O., & Cortés, J. (2021). Ictiofauna de la zona intermareal rocosa del Área de Conservación Guanacaste, Pacífico Norte de Costa Rica: Diversidad y aspectos ecológicos y biogeográficos. *Revista de Biología Tropical*, 69(Suppl. 2), Article Suppl. 2. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/48320>
- Arias Zumbado, F. E. (2021). *Caracterización espacial de los vertebrados marinos y su aprovechamiento económico en Bahía Santa Elena, Costa Rica* [Maestría]. Universidad Nacional.
- Aschenbrenner, A., Hackradt, C. W., & Ferreira, B. P. (2016). Spatial variation in density and size structure indicate habitat selection throughout life stages of two Southwestern Atlantic snappers. *Marine Environmental Research*, 113, 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.013>
- Austen, G. E., Bindemann, M., Griffiths, R. A., & Roberts, D. L. (2016). Species identification by experts and non-experts: Comparing images from field guides. *Scientific Reports*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/srep33634>
- Bacheler, N. M., Shertzer, K. W., Runde, B. J., Rudershausen, P. J., & Buckel, J. A. (2021). Environmental conditions, diel period, and fish size influence the horizontal and vertical movements of red snapper. *Scientific Reports*, 11(1), 9580. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88806-3>
- Bela, G., Peltola, T., Young, J. C., Balázs, B., Arpin, I., Pataki, G., Hauck, J., Kelemen, E., Kopperoinen, L., Van Herzele, A., Keune, H., Hecker, S., Suškevičs, M., Roy, H. E., Itkonen, P., Külvik, M., László, M., Basnou, C., Pino, J., & Bonn, A. (2016). Learning and the transformative potential of citizen science: Lessons from the Study of Nature. *Conservation Biology*,

- 30(5), 990–999. <https://doi.org/10.1111/cobi.12762>
- BIOMARCC-SINAC-GIZ. (2012). *Clasificación sistemas marinos costeros costa pacífica de Costa Rica* (p. 63 págs).
- BIOMARCC-SINAC-GIZ. (2013). *Estudios científicos de hábitat marino costero y situación socioeconómica del Pacífico Norte de Costa Rica* (p. 236 págs).
- Bolser, D. G., Grüss, A., Lopez, M. A., Reed, E. M., Mascareñas-Osorio, I., & Erisman, B. E. (2018). The influence of sample distribution on growth model output for a highly-exploited marine fish, the Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*). *PeerJ*, 6, e5582. <https://doi.org/10.7717/peerj.5582>
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, 59(11), 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Brett, J. R., & Groves, T. D. D. (1979). 6—Physiological Energetics. In W. S. Hoar, D. J. Randall, & J. R. Brett (Eds.), *Fish Physiology* (Vol. 8, pp. 279–352). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60029-1](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60029-1)
- Cawthorn, D.-M., & Mariani, S. (2017). Global trade statistics lack granularity to inform traceability and management of diverse and high-value fishes. *Scientific Reports*, 7(1), 12852. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12301-x>
- Cigliano, J. A., Meyer, R., Ballard, H. L., Freitag, A., Phillips, T. B., & Wasser, A. (2015). Making marine and coastal citizen science matter. *Ocean & Coastal Management*, 115, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.012>
- Cooke, S. J., Suski, C. D., Arlinghaus, R., & Danylchuk, A. J. (2013). Voluntary institutions and behaviours as alternatives to formal regulations in recreational fisheries management. *Fish and Fisheries*, 14(4), 439–457. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00477.x>
- Dahlgren, C. P., & Eggleston, D. B. (2000). Ecological Processes Underlying Ontogenetic Habitat Shifts in a Coral Reef Fish. *Ecology*, 81(8), 2227–2240. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[2227:EPUOHS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2227:EPUOHS]2.0.CO;2)
- Dance, M. A., & Rooker, J. R. (2015). Habitat- and bay-scale connectivity of sympatric fishes in an estuarine nursery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 167, 447–457. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.10.025>

- De Mitcheson, Y. S., Cornish, A., Domeier, M., Colin, P. L., Russell, M., & Lindeman, K. C. (2008). A Global Baseline for Spawning Aggregations of Reef Fishes. *Conservation Biology*, 22(5), 1233–1244. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01020.x>
- De Young, C. (2007). *Review of the state of world marine capture fisheries management: Pacific Ocean*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Degenford, J. H., Liang, D., Bailey, H., Hoover, A. L., Zarate, P., Azócar, J., Devia, D., Alfaro-Shigueto, J., Mangel, J. C., de Paz, N., Davila, J. Q., Barturen, D. S., Rguez-Baron, J. M., Williard, A. S., Fahy, C., Barbour, N., & Shillinger, G. L. (2021). Using fisheries observation data to develop a predictive species distribution model for endangered sea turtles. *Conservation Science and Practice*, 3(2). <https://doi.org/10.1111/csp2.349>
- Dorenbosch, M., Verweij, M. C., Nagelkerken, I., Jiddawi, N., & van der Velde, G. (2004). Homing and Daytime Tidal Movements of Juvenile Snappers (Lutjanidae) between Shallow-Water Nursery Habitats in Zanzibar, Western Indian Ocean. *Environmental Biology of Fishes*, 70(3), 203–209. <https://doi.org/10.1023/B:EBFI.0000033336.10737.f5>
- Eisele, M. H., Madrigal-Mora, S., & Espinoza, M. (2020). Drivers of reef fish assemblages in an upwelling region from the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, jfb.14639. <https://doi.org/10.1111/jfb.14639>
- Erisman, B. E., Bolser, D. G., Ilich, A., Frasier, K. E., Glaspie, C. N., Moreno, P. T., Dell’Apa, A., de Mutsert, K., Yassin, M. S., Nepal, S., Tang, T., & Sacco, A. E. (2020). A meta-analytical review of the effects of environmental and ecological drivers on the abundance of red snapper (*Lutjanus campechanus*) in the U.S. Gulf of Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30, 437–462. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09608-w>
- Espinoza, M., Arias-Zumbado, F., Chaves-Zamora, I., & Fariás-Tafolla, B. (2022). Comparación de cuatro métodos para contar peces en una bahía tropical: El caso del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena en el Pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 70, 15.
- Esteves-Dias, A. C., Cinti, A., Parma, A. M., & Seixas, C. S. (2020). Participatory

- monitoring of small-scale coastal fisheries in South America: Use of fishers' knowledge and factors affecting participation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30(2), 313–333. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09602-2>
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Fariás-Tafolla, B., Arias-Zumbado, F., Chaves-Zamora, I., Alvarado-Ruiz, C., & Espinoza, M. (2022). Dinámica espacio-temporal de la pesquería artesanal en el Golfo de Santa Elena, Pacífico Norte de Costa Rica (2010-2019). *Revista de Biología Tropical*, 70(1), 557–575. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.2022.49114>
- Fey, S. B., Vasseur, D. A., Alujević, K., Kroeker, K. J., Logan, M. L., O'Connor, M. I., Rudolf, V. H. W., DeLong, J. P., Peacor, S., Selden, R. L., Sih, A., & Clusella-Trullas, S. (2019). Opportunities for behavioral rescue under rapid environmental change. *Global Change Biology*, 25(9), 3110–3120. <https://doi.org/10.1111/gcb.14712>
- Foster-Smith, J., & Evans, S. M. (2003). The value of marine ecological data collected by volunteers. *Biological Conservation*, 113(2), 199–213. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00373-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00373-7)
- Fulton, S., López-Sagástegui, C., Weaver, A. H., Fitzmaurice-Cahluni, F., Galindo, C., Fernández-Rivera Melo, F., Yee, S., Ojeda-Villegas, M. B., Fuentes, D. A., & Torres-Bahena, E. (2019). Untapped Potential of Citizen Science in Mexican Small-Scale Fisheries. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00517>
- García, J. (2013). *Informe final: Mapeo General de Actores para los Vacíos de Conservación Cabo Blanco y Bahía Santa Elena* (p. 52).
- Gibson, K. J., Streich, M. K., Topping, T. S., & Stunz, G. W. (2019). Utility of citizen science data: A case study in land-based shark fishing. *PLOS ONE*, 14(12), e0226782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226782>
- Gillanders, B., Able, K., Brown, J., Eggleston, D., & Sheridan, P. (2003). Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: An important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series*, 247, 281–295. <https://doi.org/10.3354/meps247281>

- Granek, E. F., Madin, E. M. P., Brown, M. A., Figueira, W., Cameron, D. S., Hogan, Z., Kristianson, G., de VILLIERS, P., Williams, J. E., Post, J., Zahn, S., & Arlinghaus, R. (2008). Engaging Recreational Fishers in Management and Conservation: Global Case Studies. *Conservation Biology*, 22(5), 1125–1134. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00977.x>
- Griffin, L. P., Adam, P.-A., Fordham, G., Curd, G., McGarigal, C., Narty, C., Nogués, J., Rose-Innes, K., Merwe, D. V., Danylchuk, S. C., Cooke, S. J., & Danylchuk, A. J. (2021). Cooperative monitoring program for a catch-and-release recreational fishery in the Alphonse Island group, Seychelles: From data deficiencies to the foundation for science and management. *Ocean & Coastal Management*, 210, 105681. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105681>
- Grüss, A., Kaplan, D. M., Guénette, S., Roberts, C. M., & Botsford, L. W. (2011). Consequences of adult and juvenile movement for marine protected areas. *Biological Conservation*, 144(2), 692–702. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.015>
- Hammerschlag-Peyer, C. M., & Layman, C. A. (2010). Intrapopulation variation in habitat use by two abundant coastal fish species. *Marine Ecology Progress Series*, 415, 211–220. <https://doi.org/10.3354/meps08714>
- Hargrove, J. S., Weyl, O. L. F., Allen, M. S., & Deacon, N. R. (2015). Using Tournament Angler Data to Rapidly Assess the Invasion Status of Alien Sport Fishes (*Micropterus* spp.) in Southern Africa. *PLOS ONE*, 10(6), e0130056. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130056>
- Hartill, B., Morrison, M., Smith, M., Boubée, J., & Parsons, D. M. (2004). Diurnal and tidal movements of snapper (*Pagrus auratus*, Sparidae) in an estuarine environment. *Marine and Freshwater Research*, 54, 931–940. <https://doi.org/10.1071/MF02095>
- Hubert, W. A., & Fabrizio, M. C. (2007). Relative Abundance and Catch per Unit Effort. In *Analysis and interpretation of freshwater fisheries data* (pp. 279–325). American Fisheries Society.
- Kämpf, J., & Chapman, P. (2016). *Upwelling Systems of the World*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42524-5>

- Keefer, M. L., Peery, C. A., & High, B. (2009). Behavioral thermoregulation and associated mortality trade-offs in migrating adult steelhead (*Oncorhynchus mykiss*): Variability among sympatric populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66(10), 1734–1747. <https://doi.org/10.1139/F09-131>
- Kramer, D. L., & Chapman, M. R. (1999). Implications of fish home range size and relocation for marine reserve function. *Environmental Biology of Fishes*, 55(1), 65–79. <https://doi.org/10.1023/A:1007481206399>
- Lizano R., O. G., & Alfaro M., E. J. (2015). Dinámica atmosférica y oceánica en algunos sitios del Área de Conservación Guanacaste (ACG), Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 17. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20018>
- Lucy, J., & Davy, K. (2000). Benefits of Angler-assisted Tag and Release Programs. *Fisheries*, 25(4), 18–23. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(2000\)025<0018:BOATAR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(2000)025<0018:BOATAR>2.0.CO;2)
- Luo, J., Serafy, J. E., Sponaugle, S., Teare, P. B., & Kieckbusch, D. (2009). Movement of gray snapper *Lutjanus griseus* among subtropical seagrass, mangrove, and coral reef habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 380, 255–269. <https://doi.org/10.3354/meps07911>
- Lyons, J., & Schneider, D. W. (1990). Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia*, 203(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/BF00005608>
- Martinez-Andrade, F. (2003). *A comparison of life histories and ecological aspects among snappers (Pisces: Lutjanidae)* [Ph.D., Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College]. <https://www.proquest.com/docview/305321615/abstract/1F7970AC548F4A84PQ/1>
- Moffitt, E. A., Botsford, L. W., Kaplan, D. M., & O'Farrell, M. R. (2009). Marine reserve networks for species that move within a home range. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 19(7), 1835–1847. <https://doi.org/10.1890/08-1101.1>
- Pimentel, C. R., & Joyeux, J. C. (2010). Diet and food partitioning between juveniles

- of mutton *Lutjanus analis*, dog *Lutjanus jocu* and lane *Lutjanus synagris* snappers (Perciformes: Lutjanidae) in a mangrove-fringed estuarine environment. *Journal of Fish Biology*, 76(10), 2299–2317. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02586.x>
- Pinder, A. C., Raghavan, R., & Britton, R. (2014). Efficacy of angler catch data as a population and conservation monitoring tool for the flagship Mahseer fishes (*Tor* spp.) of Southern India. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(6), 829–838. <https://doi.org/10.1002/aqc.2543>
- QGIS Development Team. (2021). QGIS Geographic Information System. *Open Source Geospatial Foundation Project*. <http://www.qgis.org>
- Ramirez-Martínez, G. A., Castellanos-Galindo, G. A., & Krumme, U. (2016). Tidal and Diel Patterns in Abundance and Feeding of a Marine-Estuarine-Dependent Fish from Macrotidal Mangrove Creeks in the Tropical Eastern Pacific (Colombia). *Estuaries and Coasts*, 39(4), 1249–1261. <https://doi.org/10.1007/s12237-016-0070-8>
- Reis-Filho, J. A., Schmid, K., Harvey, E. S., & Giarrizzo, T. (2019). Coastal fish assemblages reflect marine habitat connectivity and ontogenetic shifts in an estuary-bay-continental shelf gradient. *Marine Environmental Research*, 148, 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.05.004>
- Robinson, L. D., Cawthray, J. L., West, S. E., Bonnt, A., & Ansine, J. (2018). Ten principles of citizen science. In *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy* (1ed ed., pp. 27–40). UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>
- Senabre, E. (2018). *Diseño participativo de experimentos de ciencia ciudadana | Participatory design of citizen science experiments*. 10.
- SINAC. (2017). *Plan General de Manejo del Sitio de Importancia para la Conservación Bahía* (p. 69). SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación).
- SINAC. (2020a). *Plan de aprovechamiento de recursos pesqueros del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, Guanacaste* (p. 56). Sistema Nacional de Áreas de Conservación-Área de Conservación Guanacaste. Guanacaste-Costa Rica.

- SINAC. (2020b). *Protocolo de elementos focales de monitoreo pesquero en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, Guanacaste* (p. 63). Área de Conservación Guanacaste.
- Sogard, S. M. (1997). Size-Selective Mortality in the Juvenile Stage of Teleost Fishes: A Review. *Bulletin of Marine Science*, 60(3), 1129–1157.
- Stuhldreier, I., Sánchez-Noguera, C., Roth, F., Jiménez, C., Rixen, T., Cortés, J., & Wild, C. (2015). Dynamics in benthic community composition and influencing factors in an upwelling-exposed coral reef on the Pacific coast of Costa Rica. *PeerJ*, 3, e1434. <https://doi.org/10.7717/peerj.1434>
- Takahashi, M., DiBattista, J. D., Jarman, S., Newman, S. J., Wakefield, C. B., Harvey, E. S., & Bunce, M. (2020). Partitioning of diet between species and life history stages of sympatric and cryptic snappers (Lutjanidae) based on DNA metabarcoding. *Scientific Reports*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60779-9>
- TinHan, T., Erisman, B., Aburto-Oropeza, O., Weaver, A., Vázquez-Arce, D., & Lowe, C. (2014). Residency and seasonal movements in *Lutjanus argentiventris* and *Mycteroperca rosace* at Los Islotes Reserve, Gulf of California. *Marine Ecology Progress Series*, 501, 191–206. <https://doi.org/10.3354/meps10711>
- Topping, D., & Szedlmayer, S. (2011). Site fidelity, residence time and movements of red snapper *Lutjanus campechanus* estimated with long-term acoustic monitoring. *Marine Ecology Progress Series*, 437, 183–200. <https://doi.org/10.3354/meps09293>
- Vann-Sander, S., Clifton, J., & Harvey, E. (2016). Can citizen science work? Perceptions of the role and utility of citizen science in a marine policy and management context. *Marine Policy*, 72, 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.06.026>
- Vasconcelos, R. P., Reis-Santos, P., Costa, M. J., & Cabral, H. N. (2011). Connectivity between estuaries and marine environment: Integrating metrics to assess estuarine nursery function. *Ecological Indicators*, 11(5), 1123–1133. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.12.012>
- Vega, Á. J., Robles P., Y. A., & Godi, K. (2015). El papel de los manglares como

- criaderos de pargo (Lutjanidae) en el Golfo de Chiriquí. *Tecnociencia*, 17(2), 83–97.
- Villalobos-Rojas, F., Herrera-Correal, J., Garita-Alvarado, C. A., Clarke, T., & Beita-Jiménez, A. (2014). Actividades pesqueras dependientes de la ictiofauna en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 119. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20038>
- Vohland, K., Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponti, M., Samson, R., & Wagenknecht, K. (Eds.). (2021). *The Science of Citizen Science*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4>
- Werner, E. E., Gilliam, J. F., Hall, D. J., & Mittelbach, G. G. (1983). An Experimental Test of the Effects of Predation Risk on Habitat Use in Fish. *Ecology*, 64(6), 1540–1548. <https://doi.org/10.2307/1937508>
- Williams-Grove, L. J., & Szedlmayer, S. T. (2020). Chapter 4. A review of red Snapper, *Lutjanus campechanus*, Acoustic telemetry Studies. In S. T. Szedlmayer & S. A. Bortone (Eds.), *Red Snapper Biology in a Changing World* (pp. 49–74). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351242776-4>



### Anexo 2.2. Lista de especies capturadas en los eventos de monitoreo

Familia	Especie	Octubre 2021	Marzo 2022	Agosto 2022
Aulostomidae	<i>Fistularia commersonii</i>	6		
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	1		
	No identificada	3		1
	<i>Sufflamen verres</i>		5	2
Belonidae	<i>Ablennes hians</i>		1	
	No identificada	4	2	2
	<i>Tylosurus cocofrilus fodiator</i>	1	2	
	<i>Tylosurus pacificus</i>		1	
Carangidae	<i>Caranx caballus</i>	3	8	
	<i>Caranx caninus</i>	5	7	10
	<i>Caranx sexfasciatus</i>	2		
	<i>Gnathanodon speciosus</i>	1		1
	No identificada	11	4	5
	Centropomidae	No identificada	2	
Chanidae	<i>Chanos chanos</i>	1		
Cirrhitidae	<i>Cirrhitus rivulatus</i>	1	1	1
Diodontidae	<i>Arothron hispidus</i>	2		
	<i>Diodon holocanthus</i>		1	
	<i>Diodon hystrix</i>		1	
Elopidae	<i>Elops affinis</i>			1
Fistulariidae	<i>Fistularia comersonii</i>			1
Gerreidae	No identificada			4
Haemulidae	<i>Haemulopsis elongatus</i>	8	1	
Labrisomidae	No identificada	2		
Lutjanidae	<i>Lutjanus aratus</i>	7	5	4
	<i>Lutjanus argentiventris</i>	22	34	10
	<i>Lutjanus colorado</i>	11	1	12
	<i>Lutjanus guttatus</i>			3
	<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	3	3	8
	Nematistiidae	<i>Nematistius pectoralis</i>	1	
No identificada	No identificada			5
Scombridae	<i>Scomberomorus sierra</i>		1	
Serranidae	<i>Cephalopholis panamensis</i>		2	4
	<i>Epinephelus labriformis</i>	3	4	3
	<i>Mycteroperca xenarcha</i>		1	2
	<i>Serranus psittacinus</i>			1
	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides lobatus</i>		
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>85</b>	<b>83</b>

## CAPÍTULO 3

# CIENCIA CIUDADANA PARA EL MONITOREO PARTICIPATIVO DE PECES: PROTOCOLO CREADO MEDIANTE INVESTIGACIÓN- ACCIÓN

**Vargas-Araya, L.<sup>1,2</sup>, González, V.<sup>4</sup>, Espinoza M.<sup>1,3</sup>**

1. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, 2060-11501 San José, Costa Rica
2. Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales, Universidad de Costa Rica, 2060-11501 San José, Costa Rica
3. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 2060-11501 San José, Costa Rica
4. Programa Estado Nación, 1174-1200 San José, Costa Rica

## RESUMEN

La ciencia ciudadana comunitaria se está consolidando como una herramienta eficaz y de bajo costo para apoyar el monitoreo biológico. Al permitir la colecta de datos a mayor escala, la ciencia ciudadana ayuda a mejorar de manera más rápida el conocimiento sobre la biodiversidad y el estado de los recursos marinos y a un menor costo. Además, la ciencia ciudadana implica un proceso educativo y cambios de actitudes que puede potenciar la protección de los recursos. El objetivo de este estudio fue elaborar un protocolo que permita el monitoreo de peces de interés comercial mediante la técnica de pesca-liberación a largo plazo desde un enfoque de ciencia ciudadana comunitaria en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena en el Pacífico Norte de Costa Rica. Se aplicó la investigación-acción para identificar de manera práctica y participativa elementos de viabilidad social, institucional y científica del monitoreo mediante reuniones, talleres y eventos piloto de monitoreo. Esto se implementó de manera reiterativa para incorporar retroalimentación en el proceso. El principal actor comunitario meta fueron tour-operadores dedicados a la pesca deportiva, pero se procuró la presencia de otros actores comunitarios e institucionales relevantes. Se identificaron los principales incentivos de participación y las capacidades de diferentes actores para asumir roles dentro del monitoreo basado en ciencia ciudadana. Asimismo, se evaluó su eficiencia para generar la información necesaria del monitoreo y se incorporaron normas institucionales como científicas y de trabajo grupal. La implementación del protocolo propuesto tiene el potencial de continuar generando datos valiosos para la gestión de los recursos de la bahía a un costo que puede ser cubierto con ayuda de los mismos participantes. Sin embargo, la implementación efectiva del protocolo, a largo plazo, dependerá de que se cumplan los beneficios sociales que incentivan la participación de las personas voluntarias, por ejemplo, el acceso al conocimiento y la construcción de capital social.

## PALABRAS CLAVE

Costa Rica, pargos, pesca deportiva, monitoreo participativo, investigación-acción

## 1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo participativo de los recursos pesqueros está ganando popularidad, pues permite cumplir simultáneamente objetivos científicos, sociales, de conservación y gestión pesquera (Fulton et al., 2019). El monitoreo participativo puede complementar la información generada mediante otros métodos de una manera rentable, al aumentar la capacidad de recopilación de datos espaciotemporales a un menor costo (Conrad & Daoust, 2008; Gibson et al., 2019; Whitelaw et al., 2003). La ciencia ciudadana es una manera de obtener datos científicos y de monitoreo biológico incorporando a voluntarios no científicos en la investigación a través de procesos participativos (Bela et al., 2016; Senabre, 2018). Por ejemplo, algunos proyectos de ciencia ciudadana han generado información relevante de la distribución, abundancia, dinámica poblacional y uso del hábitat para múltiples especies marinas (Cigliano et al., 2015; Gundelund et al., 2020; Støttrup et al., 2018), obtenida a través de las observaciones, capturas o métodos de pesca-liberación (Bolser et al., 2018; Degenford et al., 2021; Esteves-Dias et al., 2020). Como resultado, los participantes de estos procesos científicos adquieren una comprensión del estado de los recursos, y cómo los procesos científicos pueden guiar la gestión de los mismos, fomentando el compromiso y participación en procesos de toma de decisiones (Bonney et al., 2009; Cigliano et al., 2015). Sin embargo, los incentivos y obstáculos de participación deben abordarse para garantizar el compromiso a largo plazo de los participantes (Aceves-Bueno et al., 2015; Fairclough et al., 2014; Fulton et al., 2019). Por lo tanto, la ciencia ciudadana tiene un gran potencial para ayudar en la implementación de monitoreos participativos a largo plazo, al mismo tiempo que se fortalece la gestión y la protección de los recursos pesqueros.

La efectividad y sostenibilidad de los programas de ciencia ciudadana dependen de su rigurosidad científica y de su efectividad para mantener la participación voluntaria. Adicionalmente, el cumplimiento de normas institucionales es determinante para que sea exitoso, al igual que alinear los objetivos institucionales con el proyecto (Robinson et al., 2018). Se ha comprobado que la ciencia ciudadana puede generar datos de calidad (Gibson et al., 2019; Vianna et al., 2014), pero debe haber acompañamiento constante del investigador,

frecuentes capacitaciones, simplificación de la metodología estandarizada y revisión constante de los datos recolectados por científicos ciudadanos (Robinson et al., 2018; Wehn et al., 2021). Para procurar la retención de la participación, existen diversos enganches relacionados a aspectos económicos, reconocimiento público del aporte y transparencia, por lo que es necesaria la comunicación constante (Aceves-Bueno et al., 2015; Robinson et al., 2018). Sin embargo, es esencial identificar las motivaciones, capacidades y obstáculos de los participantes en cada contexto específico para participar, por ejemplo, de monitoreos (Griffin et al., 2021; Gundelund et al., 2020). El acceso al conocimiento genera empoderamiento y transformación social por lo que puede ser un factor impulsor de la participación en este tipo de investigaciones (Bela et al., 2016). Por lo tanto, un monitoreo biológico basado en ciencia ciudadana, puede además fomentar el establecimiento de plataformas de diálogo intersectorial que fortalezca la gestión de los recursos pesqueros, y que además impulsen el desarrollo sostenible de los participantes asociados.

Bahía Santa Elena (BSE) es un estuario de importancia biológica y de crianza de especies de peces interés comercial ubicado en el Golfo de Santa Elena, Pacífico norte de Costa Rica. Esta bahía fue declarada como un Área Marina de Manejo (AMM) en el año 2018 tras un proceso participativo con miembros de las comunidades aledañas (Decreto No. 41171-MINAE). El Plan de Manejo del AMM-BSE incluye un Plan de Zonificación que limita los niveles de intensidad de uso, por ejemplo, ciertas artes de pesca consideradas de bajo impacto (cuerda de mano, pesca deportiva) son permitidas únicamente en las zonas externas y en el centro de la bahía, mientras que otras como el trasmallo, compresor o línea de fondo son prohibidas (SINAC, 2017). Debido a que el AMM-BSE es considerada como Área Silvestre Protegida, requiere de la implementación de monitoreos de biodiversidad y sus elementos focales de manejo mediante protocolos ecológicos específicos. Tras la declaración del área de manejo, se diseñó un Plan de Aprovechamiento Pesquero, donde se especifican protocolos de monitoreo del recurso pesquero dentro de la bahía mediante múltiples técnicas, incluida la pesca deportiva con caña y carrete (SINAC, 2020a). Este plan, además, indica que la pesca deportiva tiene el potencial de brindar oportunidades a tour operadores locales, los cuales aportan

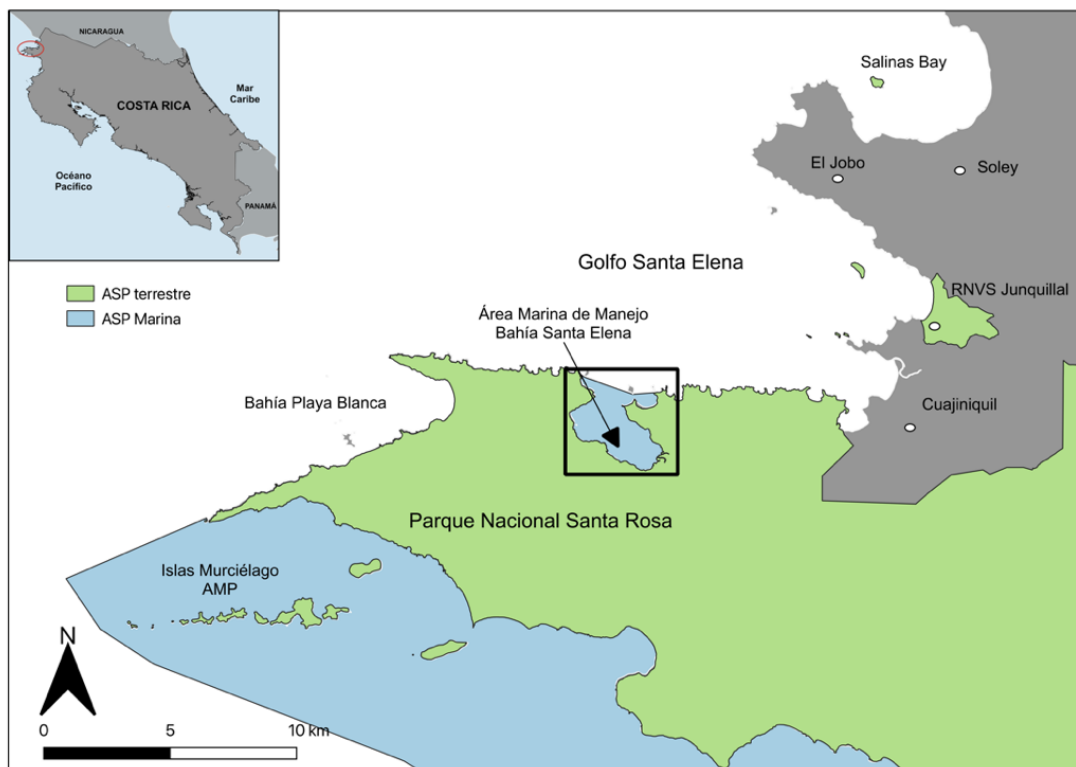
con su conocimiento al monitoreo sistemático del recurso pesquero. Esto ha sido probado en múltiples países, donde los pescadores deportivos han sido aliados valiosos para el manejo pesquero y la conservación pues bajan los costos de los monitoreos mientras que generan incentivos socioeconómicos para la conservación por parte de los pescadores (Granek, Madin, Brown, Figueira, Cameron, Hogan, Kristianson, de VILLIERS, et al., 2008). Sin embargo, actualmente estos protocolos no se han aplicado frecuentemente, principalmente debido a las limitaciones en los recursos sociales y financieros que implica.

En esta investigación se exploró el potencial de aplicar cambios al protocolo preexistente para incorporar la visión de los miembros comunitarios e institucionales relevantes para procurar su viabilidad a largo plazo. Se aplicó el enfoque de investigación-acción, en el que se involucra activamente a actores comunales en la generación de cambios o soluciones en un contexto específico en un ciclo de planificación, acción y reflexión de los cambios aplicados (Hernández Sampieri et al., 2014). El objetivo de esta investigación fue elaborar una propuesta de protocolo de monitoreo mediante la técnica de pesca con caña en el AMM-BSE, bajo un enfoque ciencia ciudadana comunitaria.

## 2. MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el AMM-BSE, ubicada en el cantón de La Cruz, Guanacaste, Pacífico Norte de Costa Rica (Figura 1). El AMM-BSE es un Área Silvestre Protegida del Área de Conservación Guanacaste (ACG) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Las principales comunidades costeras del cantón son Cuajiniquil, El Jobo y Puerto Soley del distrito de Santa Elena. Estas comunidades colindan con el Golfo de Santa Elena, zona marina de importancia biológica y pesquera. Los principales medios de vida para sus habitantes son la pesca comercial y el turismo. Una importante actividad turística es la pesca deportiva. Actualmente, en La Cruz están inscritas 37 embarcaciones con licencia de pesca turística o deportiva con caña y carrete como arte de pesca autorizada (INCOPESCA, 2023). Según un mapeo de actores afectados por el AMM-BSE (García, 2013), los empresarios turísticos y organizaciones gremiales de la pesca son de los actores comunitarios de mayor influencia e importancia para el AMM. Las autoridades gubernamentales ACG, Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA) y Servicio Nacional de Guardacostas (SNG) son los de mayor influencia. Aunque tengan una menor influencia, algunos actores independientes, como ex pescadores que habitan en la zona costera del cantón, también son afectados por el AMM.



**Figura 1.** Área Marina de Manejo (AMP) Bahía Santa Elena, ubicada en el Golfo de Santa Elena, Pacífico norte de Costa Rica. ASP – Área Silvestre Protegida; RNVS – Refugio Nacional De Vida Silvestre.

## 2.2. Proceso de investigación

Se estableció un plan de investigación-acción para abordar, de manera integral, la factibilidad para implementar un monitoreo de peces de interés pesquero dentro del AMM que fuera sostenible en el tiempo (Figura 2). Como técnica de monitoreo se utilizó la captura y liberación de peces, la cual ya había sido identificado como una técnica efectiva para monitorear elementos focales dentro del AMM (SINAC, 2017). El enfoque de investigación-acción permite generar un cambio o introducir una mejora en un contexto específico. Además, este enfoque conlleva etapas de planificación, acción, observación y reflexión. Este es un proceso dinámico y participativo que implica hacer cambios intencionales, observar sus efectos, reflexionar sobre los resultados y mejorar continuamente para lograr el cambio esperado (Hernández Sampieri et al., 2014). La planificación y el liderazgo

fue ejercido principalmente por los investigadores. En las fases de acción, los participantes aportaron sus observaciones y reflexiones para ayudar a identificar elementos de viabilidad que impulsaran el cambio esperado.



**Figura 2.** Etapas del proceso de investigación-acción implementado para integrar ciencia ciudadana al monitoreo de especies de peces de interés comercial con la técnica de pesca-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.

**2.2.1. Etapa de planificación:** Actualmente, el monitoreo de peces de interés comercial con la técnica pesca-liberación propuesto para el AMM-BSE no se está implementando por falta de recursos financieros y logísticos. Así, el objetivo de esta investigación fue establecer un protocolo de monitoreo sostenible en el tiempo basado en la ciencia ciudadana dentro del área de manejo. El plan de acción se orientó a modificar el protocolo preexistente (SINAC, 2020b) para adecuarlo a un enfoque de ciencia ciudadana. En este sentido se buscaba incluir la participación personas voluntarias, o actores comunales, en la colecta de datos. Esta colaboración tenía doble propósito, aumentar el esfuerzo de muestreo a un bajo costo y generar beneficios socioeconómicos para los participantes. Considerando las recomendaciones encontradas en la literatura sobre el desarrollo de planes de monitoreo en áreas protegidas (Granizo et al., 2006), en el Plan de aprovechamiento

del AMM-BSE (SINAC, 2020a), y de proyectos de monitoreo participativo basados en ciencia ciudadana (Aceves-Bueno et al., 2015; Conrad & Daoust, 2008), el plan de acción se orientó a (1) identificar incentivos, condiciones habilitantes o desafíos para la participación de diferentes actores del monitoreo durante talleres y reuniones, y, (2) aplicar el protocolo preexistente en eventos grupales piloto con la participación de miembros de la comunidad, considerando factores como la simplicidad de los métodos de recopilación de datos, los recursos necesarios, coordinación y la logística. Previo a la fase de acción, se convocó a representantes de diferentes sectores con base en el mapeo de actores relevantes para el AMM-BSE (García, 2013), con énfasis en el sector de pesca turística deportiva, por su afinidad con la técnica de pesca requerida para el monitoreo. Sin embargo, también se buscó representatividad de otros sectores de pesca, institucionales, del sector privado y organizaciones no gubernamentales para crear una red comunitaria. Al concluir el proceso de acción, se esperaba tener una nueva versión del protocolo de monitoreo basado en pesca-liberación que integrara aspectos de viabilidad institucional, científica, social y económica (Figura 3). La ciencia ciudadana se consideró apropiado para abordar los ejes principales de la viabilidad al brindar la oportunidad de obtener beneficios científicos, para la gestión pesquera y beneficios socioeconómicos (Fulton et al., 2019). Se eligió ciencia ciudadana del tipo contributiva pues el involucramiento en el monitoreo se limitó a la pesca-liberación de peces y toma de datos (Senabre, 2018).



**Figura 3.** Elementos de viabilidad para la integración de la ciencia ciudadana al protocolo de monitoreo de peces basado en la técnica de pesca liberación del del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.

Para evaluar la efectividad del protocolo en la generación de datos científicos confiables, se estableció el siguiente objetivo de investigación: “determinar la distribución de especies de pargo en los diferentes ambientes del AMM-BSE”. Se eligió a los pargos (familia Lutjanidae) por su alta importancia en la zona para pescadores artesanales y recreativos (Villalobos-Rojas et al., 2014), porque son uno de los grupos de peces óseos más abundantes dentro de la bahía, y porque varias especies utilizan la bahía potencialmente como zona de crianza (Arias Zumbado, 2021).

**2.2.2. Etapa de acción:** En esta etapa se llevaron a cabo diversos eventos como reuniones, talleres participativos y eventos piloto de monitoreo de peces con diversas dinámicas. Estas actividades grupales utilizaron herramientas de recopilación de información para identificar elementos de viabilidad y mejorar la planificación del protocolo. Esto permitió integrar la visión de los participantes en el diseño del monitoreo participativo. Durante y después de cada evento hubo observaciones, reflexiones y adaptaciones del proceso.

El primer evento fue una reunión con las autoridades ambientales, específicamente ACG e INCOPECA. Se presentaron los objetivos y los posibles alcances del proyecto para ambas instituciones para obtener su aval y anotar sugerencias o instrucciones relevantes para su ejecución. Luego se aplicaron cuatro talleres participativos y tres eventos de monitoreo piloto con el grupo comunitario convocado (Cuadro 1). Los talleres se ejecutaron en un restaurante ubicado en la comunidad de Cuajiniquil, con un espacio amplio y aireado para dinámicas grupales en donde se ofreció un refrigerio. Se obtuvo consentimiento informado de los participantes para tomar fotografías, grabar el evento y usar la información de los talleres. Cada taller inició con presentaciones introductorias a temas relevantes al monitoreo con ayudas visuales proyectadas. Posteriormente, en subgrupos de trabajo, se aplicaron herramientas de recopilación de información de tipo diagnóstico participativo, de análisis y determinación de posibles soluciones, y de planificación de acciones (Geilfus, 2005). Específicamente, las herramientas consistieron en lluvias de ideas, matrices de conceptos y un FODA. Todas las respuestas se trabajaron usando papelógrafos y fueron transcritas y sistematizadas de manera preliminar en cuadros de Excel. Esta sistematización preliminar permitió generar información base de manera rápida para las actividades de los talleres subsecuentes. Al final de todo el proceso, se volvió a analizar cualitativamente la información sistematizada de cada taller con mayor rigurosidad. Los audios de los talleres se transcribieron usando el software Sonix (Sonix, 2023).

**Cuadro 1.** Dinámicas participativas y técnicas aplicadas para identificar aspectos de viabilidad del monitoreo participativo. La información preliminar de cada taller fue la base de talleres subsecuentes.

Taller	Dinámicas y técnicas aplicadas	Información preliminar	Aspectos relevantes para el protocolo
Taller 1	Lluvia de ideas: Beneficios de participar en un monitoreo basado en ciencia ciudadana	Incentivos de participación	Objetivos y actividades
	Análisis FODA: ventajas y dificultades para participar	Capacidades y obstáculos de participación	Actividades y roles de los participantes

Taller 2	Matriz de actividades: ¿Cómo obtener los beneficios esperados?	Responsabilidades que participantes podrían asumir	Actividades y roles de participantes
	Matriz tipo tríptico: identidad y valores grupales	Refuerzo del propósito del proyecto, validación de beneficios, actividades sugeridas, y normas grupales.	Actividades, roles y normas
Taller 3	Matriz: Toma de responsabilidades	Asignación de responsabilidades e identificación de más actores relevantes.	Roles y actores
Taller 4	Matriz: Validación del prototipo de protocolo	Factibilidad de la propuesta.	Validación de objetivos, tareas y actores asignados
Monitoreo s piloto	Hoja de observación no participante: Contexto físico, social, interés científico, seguimiento de normas.	Observaciones de procedimientos metodológicos y logística en campo.	Validación de las actividades, metodología y logística.

En un primer taller, se hizo una lluvia de ideas de beneficios esperados para identificar los posibles incentivos al participar del monitoreo. Este proceso aportó ideas de cómo retener la participación de las personas a largo plazo y considerarlo al redactar los objetivos, las normas y las actividades del protocolo modificado. Un análisis FODA se usó para orientar el diseño del protocolo considerando las ventajas existentes y abordar los inconvenientes que podrían influir en el éxito del monitoreo basado en ciencia ciudadana (Geilfus, 2005). Los participantes identificaron aspectos positivos y negativos que podrían interferir en su participación, que luego se clasificaron en factores internos (fortalezas, debilidades) o factores externos (amenazas y oportunidades). Esto permitió identificar posibles roles de los participantes y evaluar recursos disponibles.

El segundo taller incorporó una dinámica de matriz de actividades para satisfacer los principales beneficios esperados. Se presentó una matriz con la lista de los principales beneficios que mencionaron los participantes en el taller anterior. Para cada uno, debían escribir tareas, o acciones, que ellos mismos podrían asumir. Además, se aplicó otra lluvia de ideas para responder las preguntas: (1) “¿Quiénes conformamos este grupo de ciencia ciudadana? (lista de actores)”, (2) “¿Qué actividades hacemos como grupo de ciencia ciudadana? (acciones y objetivos)”, (3) “¿Por qué queremos hacer ciencia ciudadana? (beneficios y aportes esperados)”, y (4) “¿Con qué estamos comprometidos? (valores y normas)”. Las preguntas estaban escritas en un papelógrafo en forma de tríptico. El objetivo fue reforzar los

objetivos del proyecto, validar los posibles roles del grupo de científicos ciudadanos y beneficios esperados que mencionaron en dinámicas anteriores, y establecer una identidad grupal con valores de convivencia, rigurosidad y cumplimiento de normas. La última pregunta fue la base para elaborar una lista de normas de trabajo grupal en el protocolo modificado. En el tercer taller se usó una matriz de toma de responsabilidades para asignar roles entre los actores participantes locales, y otros externos relevantes. El objetivo de esta matriz es incentivar que las personas asuman responsabilidades que sean capaces de asumir ellos mismo, o que identifiquen a otros actores externos (Geilfus, 2005). Se presentó a los participantes una matriz con una lista preliminar de tareas del protocolo en un papelógrafo donde debían escribir, qué actor o sector debía, o tenía las capacidades para asumir la responsabilidad de cada una de las tareas.

En el cuarto taller se aplicó una matriz de validación de un prototipo del protocolo creado con base en la información capturada en los primeros talleres para evaluar la factibilidad de la propuesta. La actividad se basó en una modificación de la matriz de evaluación de soluciones de Geilfus (2005), según el contexto de esta investigación. Se presentó como un documento impreso con objetivos, tareas, y sus responsables. Se dividió a los asistentes en subgrupos según la afinidad de los sectores u objetivos institucionales al que correspondían para identificar quién emitió los criterios, pues el peso del criterio varía según quién lo emitió (por ejemplo, autoridades institucionales). Cada subgrupo colocó una pegatina del color correspondiente según su nivel de acuerdo con cada elemento del protocolo (verde: totalmente de acuerdo, amarillo: de acuerdo, pero con sugerencias de cambio, rojo: en desacuerdo). En plenario, se discutió y se generó un solo criterio grupal final por consenso. Además, cada subgrupo respondió preguntas abiertas sobre dificultades percibidas para aplicar el protocolo tal como se presentó y si consideraban que la propuesta ayudaría a cumplir los objetivos del monitoreo. Las respuestas fueron sistematizadas posteriormente.

#### *Eventos piloto de monitoreo*

Se implementaron eventos piloto del monitoreo aplicando el protocolo de monitoreo de peces de interés comercial existente (SINAC, 2020a), pero con

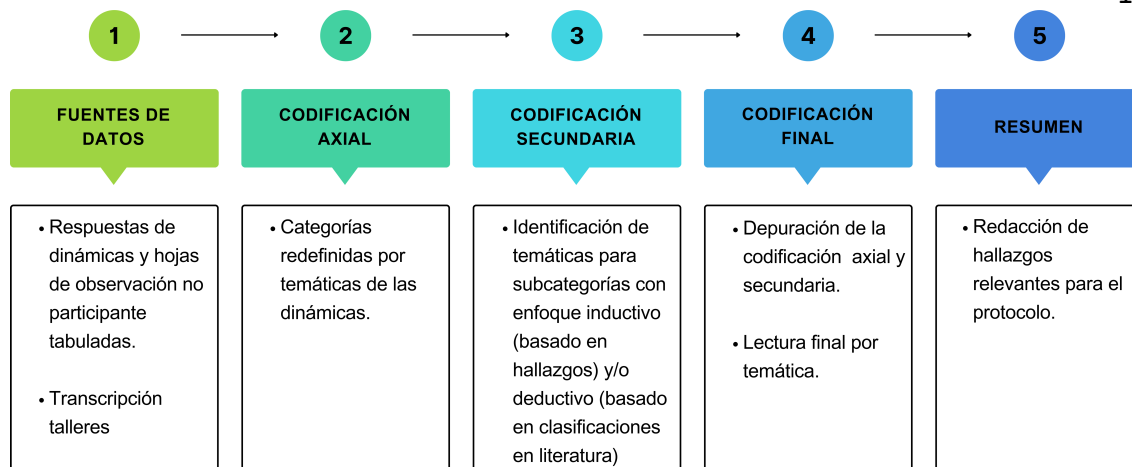
algunos ajustes metodológicos y de logística para incluir la participación de científicos ciudadanos. El primer evento se coordinó y planificó por los investigadores, considerando incentivos de participación y las fortalezas y oportunidades mencionadas durante el primer taller. Así, se estableció trabajar en eventos de pesca científica tipo torneo, pues el sentimiento de competencia aumenta la convocatoria y retención de participantes en proyectos de ciencia ciudadana (Venturelli et al., 2017). Las categorías de premiación fueron establecidas estratégicamente para generar el sentimiento de competencia, y a la vez obtener variabilidad en los datos recolectados. Por ejemplo, se establecieron categorías como la captura más grande y la captura más pequeña, así como la mayor cantidad de especies de pargos capturados. También, se entregó una camiseta de pesca a los participantes como agradecimiento e incentivo. La convocatoria de pescadores y la búsqueda de patrocinios para los artículos de premiación las hicieron voluntariamente, tanto los investigadores como algunos participantes de los talleres, aprovechando sus alianzas con el sector de pesca turística. Los tour-operadores convocaron directamente a clientes frecuentes para participar de los eventos de pesca-liberación. Además, considerando la relevancia de la participación intersectorial, los beneficios sociales, las fortalezas y debilidades mencionadas por los participantes, se invitó a miembros con liderazgo comunitario representantes del sector de pesca, turismo e institucionales. Se cambió la demarcación de zonas de muestreo del mapa de la bahía para reducir el número de zonas y así simplificar los métodos y reducir el riesgo de errores, e incorporar más puntos de referencia. El mapa se modificó con base en el conocimiento de algunos tour-operadores, a quienes señalaron varios sitios o referencias conocidos dentro de la bahía para delimitar las áreas de pesca. Un día previo a cada evento de monitoreo, se brindó una capacitación que incluyó una charla sobre el proyecto, la metodología, las normas del área de manejo y un entrenamiento práctico en la colecta de datos y el marcaje de peces. Este fue obligatorio para los capitanes y marineros que participarían del monitoreo.

Durante los eventos, a cada embarcación se le brindó un kit de equipo que incluía los instrumentos de medición, las hojas para toma de datos, y la tabla con un mapa con la zonificación para el muestreo en la bahía (Anexo 1), marcas

externas (permiten identificar a cada pez a través de un código único) y aplicadores para colocarlas, un balde, o recipiente grande que pudieran rellenar con agua para colocar los peces capturados mientras se marcaban y medían los individuos. También se les brindó una red de mano para colocar a los peces capturados y mantenerlos dentro del agua. Se hizo pesca con caña por un total de 5-6 h (aproximadamente 2 h por zona de la bahía). Para más detalles metodológicos, ver Capítulo 2. Siempre fue a bordo una persona entrenada para supervisar cada embarcación. La persona observadora, aplicó una hoja de observación no participante (Alberich et al., 2009) para hacer anotaciones del contexto, las actitudes y comportamientos de la tripulación para una posterior sistematización y retroalimentación en los próximos eventos. Al final del muestreo, se hizo una parada para contar las capturas, entregar las premiaciones y certificados de participación.

### **2.3. Análisis de resultados**

Los datos obtenidos en ambas fases de acción se analizaron haciendo sistematizaciones basadas en codificación axial y secundaria (Figura 4) usando el software MAXQDA (Loxton, 2021). Los temas predefinidos en las matrices usadas en las dinámicas de los talleres (por ejemplo, "beneficios", "fortalezas", "debilidades") se consideraron como categorías principales (axiales) de análisis. En la dinámica de lista de beneficios esperados, se codificó también en subcategorías (secundarias y terciarias) basadas en temas identificados en la literatura y/o con base en los resultados mismos mediante el proceso inductivo. Una misma respuesta podía estar en varias categorías, es decir, hubo intersección entre temas. Si los participantes dieron respuestas fuera del tema designado, esa información no se tomó en cuenta para codificación o análisis. Las transcripciones de las discusiones en plenario se consultaron cuando el contenido de las respuestas escritas en los papelógrafos no fue claro, y de ellas se extrajeron frases de los participantes para ejemplificar algunos temas. Finalmente, de la información sistematizada se extrajeron los elementos necesarios para el protocolo.



**Figura 4.** Proceso de sistematización de la información recopilada basado en la codificación inductiva.

## 2.4. Redacción del protocolo

El protocolo original de monitoreo mediante pesca deportiva del AMM-BSE (SINAC, 2020a) fue la base para ajustar los procedimientos metodológicos del monitoreo actual. Previo a los eventos piloto, se consideraron las conversaciones con las autoridades, el plan de manejo y el plan de aprovechamiento para definir normas y roles institucionales. Para adecuarlo a grupos de ciencia ciudadana, se integraron preliminarmente acciones sugeridas en la literatura para mantener un proyecto científico basado en ciencia ciudadana activo a largo plazo, por ejemplo, simplicidad de los métodos, la devolución de resultados, beneficios más que científicos, reconocimiento público de los participantes voluntarios, entre otros (Robinson et al., 2018). Tras los talleres y monitoreos piloto, se integraron progresivamente modificaciones a los objetivos y procedimientos metodológicos para simplificarlos y asegurar una implementación rigurosa. Se separaron los procedimientos en tres secciones para integrar acciones previas y posteriores relacionadas a planificación, manejo, y divulgación de resultados. En la redacción se integraron las sugerencias de todos los participantes y se hizo una lectura final para asegurar la factibilidad y hacer modificaciones finales. Se incorporaron aspectos considerados relevantes junto con al criterio técnico científico-biológico e institucional para asegurar incorporar los elementos de viabilidad necesarios.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Etapa de acción participativa

**3.1.1. Reuniones , talleres y eventos piloto de monitoreo:** A la reunión virtual con las autoridades ambientales previa a la ejecución del proyecto, asistieron funcionarios del ACG e INCOPECA. El ACG destacó que, a pesar de ser los encargados de la administración del área de manejo, consideraban importante mantener un rol activo y central de INCOPECA en el proyecto pues la información generada atañe al recurso pesquero que es aprovechado dentro zonas permitidas del área y fuera de ella. Se reforzó la importancia de que hubiera una persona observadora a bordo de cada embarcación, algún representante del ACG presente, y de mantener notificadas a las autoridades previo y posterior a cada uno de los eventos de monitoreo piloto. Se mencionó que en el ACG ya existen actividades participativas relacionadas a educación ambiental marina y ciencia ciudadana, por lo que se alinea con sus objetivos y estrategias institucionales. También se habló de manejar el evento a una escala pequeña y logísticamente manejable. Las autoridades también solicitaron procurar la participación diversa de actores para sensibilizar a un mayor grupo dentro de la comunidad. Finalmente, se obtuvo el aval para implementar los monitoreos piloto enfocados en describir la distribución de los pargos dentro del AMM-BSE. Los asistentes de INCOPECA estuvieron de acuerdo en que la información generada sería útil para la institución.

Los cuatro talleres y los tres eventos de monitoreo enfocados en pargos se implementaron entre marzo 2021 y agosto 2022 (Cuadro 2). En cada actividad participaron de 19 a 31 personas, para un total de 80 participantes únicos de 6 de sectores (Figura 5). De todos los participantes, 65 asistieron a torneos y 60 los talleres previos al evento. La mayoría representó al sector privado, compuesto principalmente por empresarios turísticos, como tour operadores marinos, agencias y guías turísticos. También asistieron representantes del sector academia, autoridades ambientales, e individuos categorizados como independientes, generalmente turistas y voluntarios de la comunidad. Los resultados de los datos biológicos obtenidos de la fase de acción de los monitoreos piloto se presentan en

el Capítulo 2 de esta tesis. De cada taller se elaboró una memoria donde se detallan los procedimientos y los resultados generales (Anexo 2-5).

**Cuadro 2.** Resumen de talleres y eventos piloto de monitoreo de peces

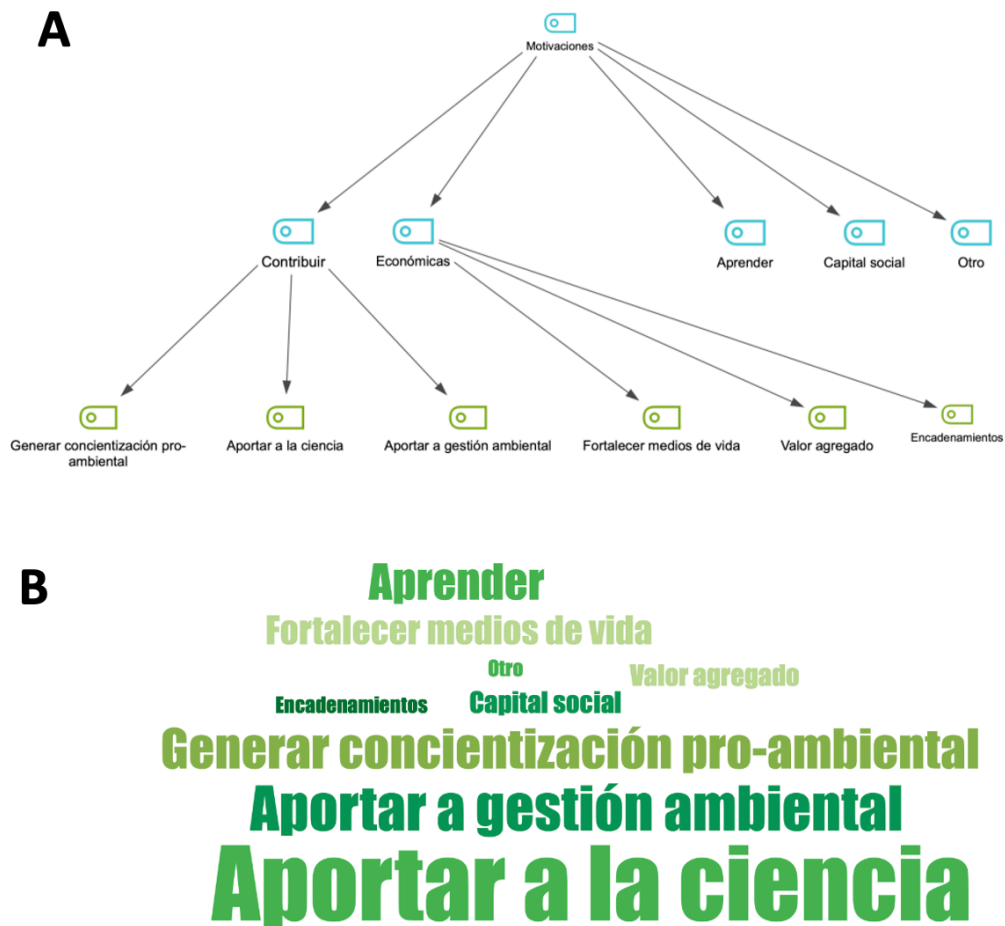
Actividad	Fecha	Cantidad de participantes
Taller 1	16 abril 2021	29
Taller 2	1 octubre 2021	19
Monitoreo piloto 1	2 octubre 2021	26
Taller 3	11 marzo 2022	29
Monitoreo piloto 2	12 marzo 2022	27
Taller 4	19 agosto 2022	29
Monitoreo piloto 3	20 agosto 2022	31



**Figura 5.** Resumen de actores representados el proceso participativo de la fase de acción de la investigación. ACG: Área de Conservación Guanacaste. CETUR:

Cámara de Empresarios Turísticos de La Cruz. CTC: Corredor Turístico La Cruz.  
INCOPECA: Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. ONG: Organización  
no gubernamental. SNG: Servicio Nacional de Guanacaste.

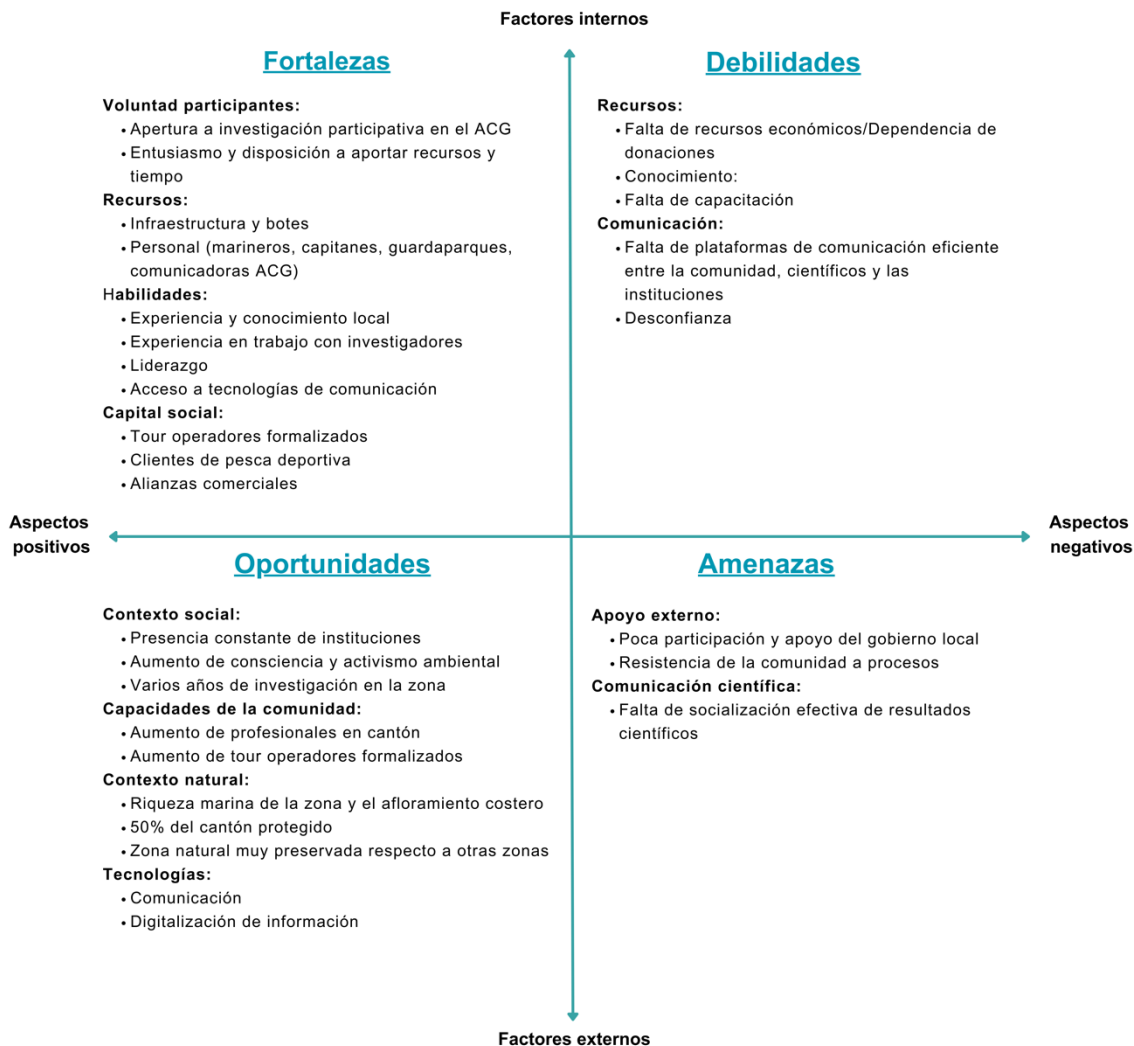
*Beneficios esperados de participar:* Entre los beneficios identificados para la asegurar la participación de las personas en la aplicación del protocolo de monitoreo están: (i) contribuir a la ciencia, (ii) contribuir al manejo del recurso pesquero, y (iii) generar concientización ambiental en sus comunidades (Figura 6). Además, los participantes resaltaron la importancia de aprender de aspectos biológicos y ecológicos del recurso pesquero y los procesos científicos, lo cual se traduce en aumentar sus capacidades y oportunidades. Más aún, los participantes hablaron de que ven una oportunidad de aprendizaje multidireccional, al poder aportar conocimiento ecológico local. Una persona investigadora también consideró un beneficio para ella aprender de la comunidad para hacer ciencia culturalmente apropiada "*Creo que para nosotros es un gran beneficio [...] Los investigadores nos solemos encerrar en nuestros laboratorios y en nuestras universidades y no estamos viendo la realidad. Entonces, ese tipo de intercambios, ese tipo de colaboración nos permiten ver las realidades y adaptarnos y así también digerir que las cosas no son 100% científicas, sino que hay muchos otros sectores que tenemos que tomar en consideración y de quien nosotros tenemos que aprender*". También mencionaron beneficios económicos directos e indirectos, pues participar de actividades ambientales les agrega valor como empresas turísticas, potenciando éstas actividades y los encadenamientos en la zona. Más aún, algunos participantes consideran que la información generada en los monitoreos guiará a la gestión del recurso de manera sostenible, lo cual podría ser beneficioso para su actividad económica. Finalmente, consideran el proyecto como una oportunidad para generar capital social al facilitar enlaces que potencien la transparencia, la confianza y el apoyo intersectorial. Estos hallazgos se incorporaron en la redacción de los objetivos y algunas de las tareas a implementar en el protocolo.



**Figura 6.** A) Categorización de motivaciones de los participantes obtenidos de la dinámica lluvia de ideas de beneficios esperados y subcategorías. B) Frecuencia de mención de información asociada a cada categoría principal.

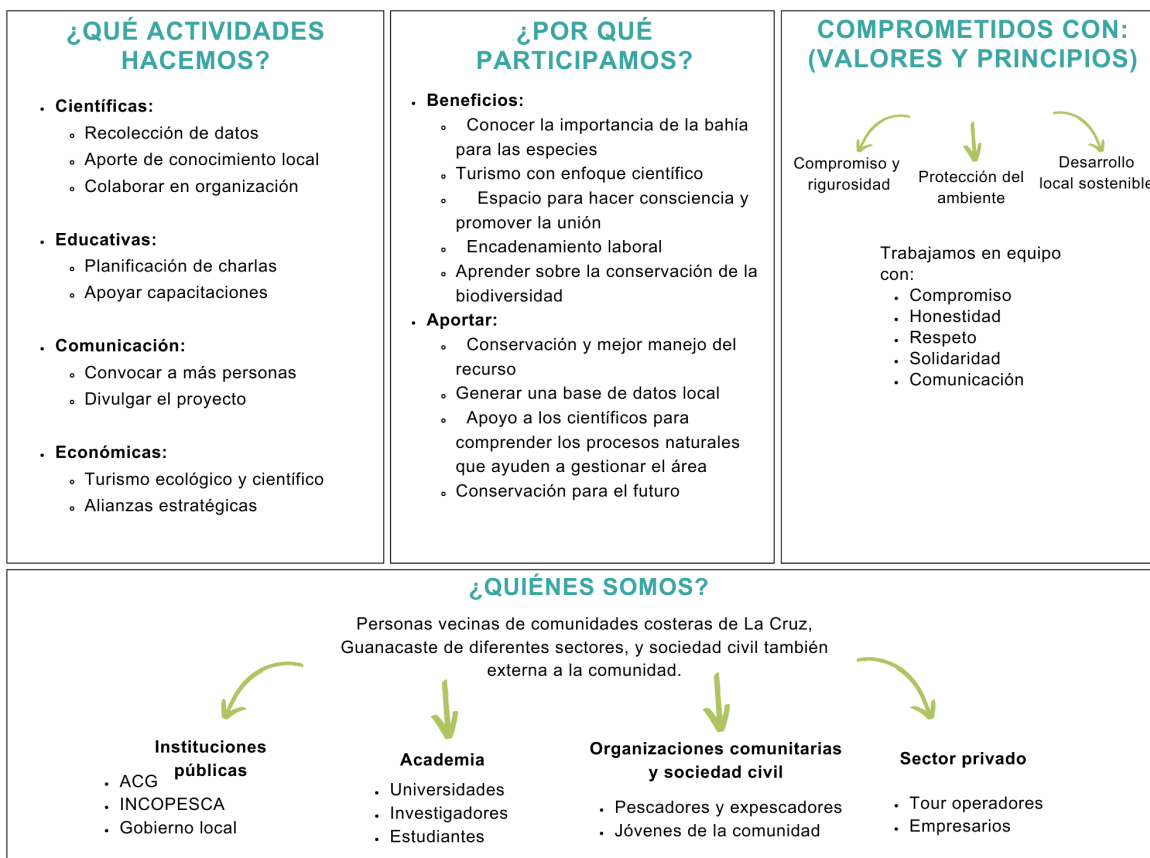
*Fortalezas y debilidades para participar:* Las fortalezas identificadas se relacionan a la voluntad de participar de los diferentes sectores involucrados, disposición de aportar con recursos propios y captar otros aprovechando sus contactos, cuentan con habilidades en el mar y conocimiento ecológico local (Figura 7). De debilidades se encontraron factores como la falta de recursos, experiencia técnica en procesos científicos, y barreras de comunicación que limitan el trabajo conjunto fluido entre sectores y la confianza. Dentro de las oportunidades se encontraron condiciones favorables de contexto social y de capacidades y actitudes

en la comunidad, el atractivo turístico de la zona por su estado de conservación tanto para pescadores recreativos como para turismo científico, y tecnologías emergentes. Dentro de las amenazas, los participantes mencionaron la resistencia de la comunidad a involucrarse en los procesos participativos, la poca participación y apoyo de algunas instituciones públicas como el gobierno local, y la limitada capacidad de investigadores de la zona para socializar los resultados científicos de investigaciones implementadas en la zona. El análisis del FODA permite identificar posibles sinergias entre fortalezas y oportunidades. Por ejemplo, la voluntad de los participantes y el aumento de participación y concientización de otros sectores comunitarios pueden hacer sinergia para mantener el capital social necesario para el monitoreo. Asimismo, el atractivo natural de la zona puede atraer más clientes de los que ya tienen los turoperadores participantes para que participen y cubran costos del monitoreo. Además, se identificó que la mayoría de las debilidades puede mitigarse por las fortalezas. Por ejemplo, algunos participantes poseen alianzas estratégicas y recursos propios que pueden cubrir la limitación de recursos del proyecto. Además, la falta de comunicación intersectorial puede solventarse con las fortalezas de voluntad de participar y apertura de investigación del área de conservación y sus recursos de comunicación. Aunque la falta de participación de algunos sectores comunitarios e institucionales tiene un peso importante, existe la disposición de participar y el creciente sector activista capaz de participar directamente del monitoreo y para movilizar a más personas. Esta información fue considerada en las normas, materiales, tareas del protocolo, roles, y mecanismos de financiamiento del protocolo.



**Figura 7.** Resultados del análisis FODA para participar de la iniciativa de monitoreo con enfoque de ciencia ciudadana.

*Normas de trabajo:* La actividad de identidad grupal permitió identificar normas de trabajo grupal para asegurar la convivencia y el cumplimiento de normas científicas e institucionales durante los monitoreos. Por ejemplo, se reforzó que el monitoreo se basa en objetivos científicos y ambientales, por lo que debe haber un compromiso serio para participar y aplicar el monitoreo de forma efectiva (Figura 8). Las normas sociales van dirigidas al respeto y apoyo entre los participantes, así como a la intención de aportar voluntariamente en las diferentes fases, desde la planificación hasta la socialización de resultados.



**Figura 8.** Resultados sistematizados de la dinámica de matriz tipo tríptico sobre identidad y normas de trabajo grupal.

*Acciones para obtener los principales beneficios esperados:* El análisis de acciones sugeridas por los participantes para satisfacer las motivaciones, o beneficios esperados, permitieron identificar tareas para incorporar en el protocolo y que pudieran ser implementadas por la misma comunidad (Cuadro 3). De estas se incorporaron al protocolo aquellas consideradas como viables científica e institucionalmente. Sugirieron acciones que los participantes podrían implementar como individuos o comunidad, y otras que requieren de acciones coordinadas con instituciones públicas y académicas, particularmente aquellas asociadas a capacitaciones y aplicar cambios en medidas de manejo pesquero basadas en datos recopilados. Se podrían resumir a acciones de coordinación e implementación de capacitaciones y de preparar y divulgar contenido sobre los monitoreos para

generar sensibilización, pero también para visibilizar públicamente a su participación en los monitoreos para obtener mayor valor como empresas o a nivel persona. En cuanto al aporte, específicamente a la investigación, están dispuestos a aportar con datos o conocimiento ecológico local, pero también con capital social y financiero dentro de sus alcances. Consideran que otra manera de aportar a la investigación relacionada a los monitoreos, es ayudando a visibilizar la iniciativa y sus resultados científicos. Con base en estas tareas más los procedimientos metodológicos del protocolo de monitoreo con pesca deportiva (SINAC, 2020a), se elaboró un primer prototipo simplificado del monitoreo que sirvió de base para las siguientes actividades, como la asignación de responsables para las diferentes tareas.

**Cuadro 3.** Acciones sugeridas por los participantes para obtener los principales beneficios esperados por ellos mismos y las tareas identificadas tras el análisis para incluir en el protocolo.

Beneficios esperados	Acciones para obtenerlos	Tareas para incorporar en protocolo
Concientizar sobre recurso pesquero.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitaciones en prácticas pesqueras sostenibles</li> <li>• Involucrar a nuevas personas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convocatoria</li> <li>• Preparación capacitaciones</li> </ul>
Mejorar manejo de los recursos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir capacitaciones sobre prácticas pesqueras sostenibles (manejo captura, tallas, zonas, equipo, cuotas) para un mejor manejo desde ellos como usuarios.</li> <li>• Generar datos para guiar el establecimiento de medidas de manejo de pesca deportiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomar datos</li> <li>• Elaborar y aplicar capacitaciones</li> </ul>
Generar valor agregado y huella ecológica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercadeo mediante proyección pública de su participación en los monitoreos (redes sociales, mercancías, entre otros) y la generación de alianzas para sus empresas</li> <li>• Capacitaciones para subir nivel de sus servicios turísticos y currículo personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar y divulgar contenido en redes sociales, material divulgativo y mercadería.</li> <li>• Elaborar y aplicar capacitaciones</li> </ul>
Aportar a la investigación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Involucrar a nuevas personas y capacitarlas en prácticas pesqueras sostenibles (tareas de convocatoria y preparación y ejecución de capacitaciones)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convocatoria</li> <li>• Elaborar y aplicar capacitaciones</li> </ul>

*Asignación de roles a actores específicos:* Los participantes sugirieron una serie de actores específicos locales y externos que podrían cumplir varias responsabilidades dentro del monitoreo (Cuadro 4). Los grupos coincidieron en que en la mayoría de las tareas requiere de liderazgo, o compañía de los investigadores y del Área de Conservación Guanacaste. En muchas tareas, consideraron que cualquier persona voluntaria capacitada o con ciertas habilidades específicas, según la actividad, es capaz de realizar varias de las tareas, clasificados como voluntarios o voluntarios de la tripulación. En el proceso paralelamente sugirieron roles y describieron perfiles, o requerimientos, para cumplir ciertos aspectos del protocolo. El ejercicio permitió identificar actores no considerados en talleres previos, por ejemplo, la municipalidad del cantón de La Cruz y la organización no gubernamental Asociación Costa Rica por Siempre, medios de comunicación locales, comerciantes de artículos de pesca, y varias organizaciones comunitarias. Los participantes mencionaron características requeridas para cumplir algunos de los roles voluntarios como habilidades de comunicación y computacionales. También sugirieron crear comités, que pueden estar integrados por personas de cualquier sector, por ejemplo, comité de redes sociales, de organización y de manejo de datos del monitoreo. Además, estuvieron de acuerdo en asignar roles específicos durante los monitoreos a una persona observadora a bordo en la toma y recopilación de datos. Se consideraron para el protocolo final aquellos actores y roles que sugirieron que tuvieran viabilidad científica e institucionalmente. Para mantener flexible la aplicabilidad del protocolo, no se integraron con nombres específicos, excepto por las instituciones públicas, sino que se categorizaron por tipo de sectores o perfiles requeridos.

**Cuadro 4.** Resumen de la lluvia de ideas de asignación de roles dentro de las tareas del protocolo de monitoreo basado en ciencia ciudadana. ACG: Área de Conservación Guanacaste. CETUR: Cámara de Empresarios Turísticos de La Cruz.

Tareas	Actores específicos asignados						
	ONG	Medios comunicación	Sociedad civil	Organización comunitaria	Privado	Academia	Públicos
<b>Etapa 1: Antes</b>							
1. Convocatoria	Equipo Tora Carey	Medios locales de televisión y radio	Voluntarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asoc. Pescadores del Jobo</li> <li>- Asoc. Pescadores de Cuajiniquil</li> <li>- Asoc. Tour Operadores Marinos de Cuajiniquil</li> <li>- Asoc. Desarrollo Integral de Cuajiniquil</li> </ul>	CETUR		Municipalidad La Cruz
2. Preparar materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo Tora Carey</li> <li>- Costa Rica por Siempre</li> </ul>		Voluntarios	Asoc. Tour Operadores Marinos de Cuajiniquil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiendas de pesca</li> <li>- Tour operadores</li> </ul>	Universidades	
3. Brindar capacitaciones			Voluntarios		Tour Operadores	Investigadores	ACG
<b>Etapa 2: Durante</b>							
1. Moderar evento				Liderazgos de asociaciones locales	Tour Operadores	Investigadores	ACG
2. Marcar peces			Voluntarios		Tour Operadores	Investigadores	
3. Medir peces			Voluntarios		Tour Operadores	Investigadores	
4. Escribir datos			Voluntarios		Tour Operadores	Investigadores	
5. Recolectar datos al final			Voluntarios	Liderazgos de asociaciones locales	Tour Operadores	Investigadores	ACG
6. Compartir datos con investigadores	Costa Rica por Siempre		Voluntarios		Tour Operadores	Investigadores	Municipalidad La Cruz

7. Conteo de capturas

Liderazgos de asociaciones locales

Investigadores ACG

**Etapas 3: Después**

1. Transcribir datos	Equipo Tora Carey		Voluntarios	Asoc. Tour Operadores Marinos de Cuajiniquil		Investigadores Estudiantes	
2. Analizar resultados			Voluntarios			Investigadores	
3. Divulgar resultados científicos			Voluntarios			Investigadores	ACG
4. Divulgar avances y aprendizajes a las comunidades		- Comunicadores Prensa	Voluntarios		Tour Operadores	- Investigadores - Centros educativos	
5. Divulgación en redes sociales	Costa Rica por Siempre	Prensa	Voluntarios	Asoc. Desarrollo Integral de Cuajiniquil	- Corredor Turístico La Cruz - Tour Operadores	0	ACG

*Hojas de observación no participante:* La información recopilada por los observadores a bordo (hojas de observación no participante) durante los monitoreos permitió identificar aspectos metodológicos de mejora (Anexo 6). Por ejemplo, se identificaron puntos de mejora en los mapas de las zonas de pesca y que deben fotografiarse capturas que no se logran identificar a nivel de especie en campo. Se identificaron aspectos que mantienen la motivación que deben reforzarse para mantener constante el esfuerzo pesquero a lo largo del evento, por ejemplo, rotar pescadores, hacer pausas grupales y crear categoría de premio de la última captura del día. Asimismo, aspectos de comodidad pueden influir en el esfuerzo de pesca (calor, falta de hidratación o sombra). Los participantes preguntaron sobre el monitoreo, los peces, y varios temas ecológicos. Así, se identificó la importancia de reforzar la capacitación y guión de los observadores a bordo. Los procedimientos y el acompañamiento del observador a bordo fomentaron que las personas tuvieran anuencia a cumplir las normas. La delimitación espacial generó confusión en los primeros eventos. En eventos posteriores, ya los capitanes y observadores tenían mayor claridad. Se recomienda crear un mapa virtual al que tengan acceso a los capitanes. No todas las especies se pueden identificar al nivel taxonómico más bajo, en especial según el nivel de conocimiento del nivel a bordo. Sin embargo, la toma de fotografías de las capturas fue útil para algunas capturas. El rol de toma de fotografías será clave. Cabe agregar que, tras los eventos, algunas empresas participantes solicitaron cartas que demostraran su participación, ya que participar de estas actividades es parte de sus requisitos de responsabilidad social y ambiental, y les sirven para aplicar a certificaciones de turismo ecológico, lo que se identificó como una manera concreta de generar el valor agregado para este tipo de participantes.

*Validación del prototipo final del protocolo:* Los criterios de los subgrupos fueron variados, pero tras la discusión final se llegó a un consenso considerando las sugerencias de cambio mencionadas por las y los participantes (Anexo 7). En general, los participantes estuvieron de acuerdo en que las tareas contempladas para el protocolo permitirían cumplir los objetivos. La mayoría sugirió sintetizar los

objetivos y algunas tareas para disminuir redundancia, y otras redactar más explícitamente para evitar confusiones. La validación permitió evaluar también la factibilidad de los actores asignados para las diferentes tareas, en especial porque en este taller hubo representatividad de más sectores, como la autoridad de pesca, guardacostas, y más científicos. Por ejemplo, en grupo se especificó que la notificación sobre la actividad a autoridades debía hacerse a ACG, INCOPECA y SNG. También, se eliminaron algunos sectores de la comunidad de responsabilidades técnicas en fases de análisis y divulgación de resultados científicos técnicos. Por otro lado, se agregó la categoría de “medios de comunicación locales”, incluida la plataforma de comunicación del ACG, como actores relevantes para las fases de convocatoria y de divulgación de resultados al público general. Para muchas tareas se estableció que cualquier persona de la comunidad con ciertas características, o habilidades, podrían colaborar, por ejemplo, en la preparación de materiales y materiales divulgativos, convocatoria, captación de recursos, digitalización de datos, entre otros. Incluso se consideró que algunas personas ya capacitadas pueden ayudar a capacitar a otras personas nuevas. Se consideró que líderes de diferentes organizaciones comunitarias tienen un rol clave en esfuerzos de convocatoria y difusión de resultados para la concientización de agentes externos.

La discusión en plenario permitió exponer temas técnicos por considerar, como el manejo de los datos y los procedimientos de verificación de los análisis de los resultados. Cada subgrupo redactó recomendaciones de las cuales algunas se agregaron al protocolo final. Las recomendaciones fueron dirigidas a integrar a más pescadores artesanales y que el evento pudiera crecer para así, generar mayores beneficios socio económicos y de sensibilización en la comunidad. También recomendaron implementar el uso de tecnologías al recolectar la información y para guiar la navegación espacial dentro del área de manejo para hacer más eficientes y precisos los procedimientos. Finalmente, mencionaron retos como: la organización y la necesidad de que la comunidad perciba beneficios ambientales y económicos del monitoreo y de la protección del área de manejo. También es un reto el involucramiento de asociaciones de pesca y de desarrollo a pesar de que no sean

necesariamente operadores de turismo de pesca deportiva. Otros desafíos mencionados incluyeron: asegurar patrocinios, confirmar participantes, el financiamiento y mantener los métodos adecuados de manera estandarizada a lo largo del tiempo.

### **3.2. Redacción propuesta final del protocolo**

De los resultados de las dinámicas y los principios de monitoreo y de método científico, se identificaron elementos de viabilidad institucional, científica, económica y social que fueron reflejados en la versión final del protocolo (Anexo 3). Algunos de estos elementos incluyen objetivos, normativas, metodologías de las diferentes etapas del monitoreo, financiamiento, y consideraciones (Figura 9). Se adaptó el formato y el contenido del protocolo preexistente, manteniendo la especificidad y simplicidad en los métodos, incluyendo diagramas, gráficos y herramientas de implementación en la sección de anexos. Se estableció la frecuencia del monitoreo de dos veces al año para tener representatividad de la época seca y lluviosa. Además, esta frecuencia sustenta la viabilidad de evaluar los indicadores sugeridos en el protocolo original en escalas temporales interanuales, pero también a lo largo del tiempo. Tras los monitoreos piloto, se recomienda que el número de embarcaciones necesaria para poder aplicar de forma efectiva el protocolo de monitoreo puede variar entre cuatro y siete. Sin embargo, con una buena organización y logística, es posible que el número de embarcaciones sea un poco mayor. Lo importante es tener en cuenta que las embarcaciones participantes tengan los permisos de pesca turística al día, y que no haya dificultades durante la convocatoria, ni limitaciones presupuestarias. Más que el número de embarcaciones, lo importante para determinar el esfuerzo pesquero es la cantidad de pescadores, su nivel de experiencia en pesca, y el tiempo efectivo en que realicen la actividad de pesca a lo largo del evento. En general, participaron entre cinco y seis pescadores por embarcaciones de diferentes niveles de experiencia.

Por lo tanto, será recomendable invitar participantes de diferentes niveles a futuros eventos de monitoreo.

El protocolo consta de cuatro objetivos específicos orientados a cumplir los objetivos del AMM, pero también otros objetivos científicos y a promover la participación ciudadana efectiva. Para procurar el cumplimiento de normas institucionales, la rigurosidad científica y la convivencia grupal, se creó una sección de normativas. Se mantuvo la propuesta de las versiones prototipo utilizadas en las dinámicas de los talleres con la metodología dividida en tres etapas pues fue efectivo para incorporar la participación ciudadana en fases de organización, implementación y divulgación de los resultados con una descripción clara de sus funciones, que no se limitaron a la colecta de datos. Se incluye una sección de financiamiento para hacer referencia a las colaboraciones intersectoriales, de las que se puede obtener recursos en efectivo o en especie. Al incluir a turistas y voluntarios de la comunidad, así como la captación de fondos a través de ONGs, empresas privadas y la academia, se logró cubrir costos de organización y necesidades básicas, como equipo de pesca, de colecta de datos y costo del viaje en bote. Los costos adicionales se invirtieron en alimentación de las personas voluntarias, impresión de materiales y camisetas de pesca, que también se pudieron cubrir por las estrategias anteriormente mencionadas. En la sección de consideraciones, se enfatizó en la distribución de beneficios sociales de la ciencia ciudadana, que son necesarios de satisfacer para retener la participación y que dicha participación sea justa en la distribución de beneficios económicos y socioambientales. Se agregó también una sección de indicadores de la efectividad de la ciencia ciudadana.

<b>1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMAS.....</b>	<b>4</b>
<b>NORMATIVAS INSTITUCIONALES .....</b>	<b>4</b>
<b>NORMAS CIENTÍFICAS.....</b>	<b>5</b>
<b>NORMAS DE TRABAJO GRUPAL .....</b>	<b>5</b>
<b>4. METODOLOGÍA DEL MONITOREO.....</b>	<b>6</b>
<b>ETAPAS DEL MONITOREO.....</b>	<b>7</b>
<i>Etapa 1 - Planeamiento y coordinación.....</i>	<i>8</i>
<i>Etapa 2 – Implementación del monitoreo .....</i>	<i>9</i>
<i>Etapa 3 – Manejo de los datos y divulgación de resultados.....</i>	<i>15</i>
<b>5. FINANCIAMIENTO .....</b>	<b>19</b>
<b>6. CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>20</b>
<b>1. REFERENCIAS .....</b>	<b>23</b>
<b>1. ANEXOS .....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO 1. LISTADO DE VERIFICACIÓN DE TAREAS ESPECÍFICAS DE LAS TRES ETAPAS .....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO 2. HERRAMIENTA PLANIFICACIÓN TALLERES.....</b>	<b>0</b>
<b>ANEXO 3. HERRAMIENTA PLANIFICACIÓN EVENTOS DE MONITOREO .....</b>	<b>1</b>
<b>ANEXO 4. HOJAS DE ASISTENCIA.....</b>	<b>2</b>
<b>ANEXO 5. HOJAS DE DATOS DE PECES .....</b>	<b>3</b>
<b>ANEXO 6. HOJAS DE CONTEO CAPTURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ANEXO 7. HOJAS DE EVALUACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>ANEXO 8. ARCHIVO EXCEL PARA DIGITALIZACIÓN DE DATOS DE LOS MONITOREOS .....</b>	<b>7</b>
<b>ANEXO 9. PLANTILLA MEMORIA DE TALLERES Y EVENTO .....</b>	<b>8</b>

**Figura 9.** Esquema del contenido del protocolo de monitoreo propuesto basado en ciencia ciudadana. Elaborado en un proceso participativo tras las fases de acción y planificación del enfoque de investigación-acción.

## 4. DISCUSIÓN

La demanda de información biológica rápida y amplia para el monitoreo de la biodiversidad marina está en aumento y con ello la inclusión de esfuerzos de ciencia ciudadana (Bonney et al., 2009). Sin embargo, la implementación a largo plazo frecuentemente es limitada por recursos escasos. La ciencia ciudadana se ha integrado a monitoreos biológicos marinos con éxito, ayudando a dar viabilidad al incrementar la capacidad de colecta de datos y generar beneficios sociales paralelos que potencien las medidas de manejo y su impacto a largo plazo (Dickinson et al., 2010). El presente estudio logró (1) adaptar el protocolo de monitoreo de peces basado en la técnica de pesca deportiva para integrar la ciencia ciudadana en eventos grupales, manteniendo su rigor técnico e institucional, (2) identificar estrategias para garantizar la participación comunitaria y la eficiencia económica del monitoreo, y (3) demostrar que el monitoreo del área de manejo con el enfoque propuesto no sólo conlleva beneficios científicos sino también sociales, en términos económicos y no tangibles, al democratizar la ciencia e impulsar el desarrollo personal y comunitario de las personas participantes que a largo plazo mejoran el manejo y la conservación. Estos resultados validan el protocolo propuesto y su potencial de aplicación sostenible en el tiempo, generando un impacto duradero en la gestión.

Los monitoreos biológicos requieren métodos simples y de fácil implementación (Granizo et al., 2006). Asimismo, para que la ciencia ciudadana sea efectiva en los monitoreos biológicos, los datos generados deben ser confiables y estandarizados (Robinson et al., 2018). La metodología original del monitoreo basado en pesca deportiva para el AMM-BSE (SINAC, 2020b) se adecuó fácilmente a eventos grupales sin disminuir su efectividad para generar información científica. Integrar el componente de ciencia ciudadana no comprometió la validez de la información obtenida, pues de los datos obtenidos de los monitoreos piloto (Ver capítulo 2) se obtuvieron resultados científicos comparables, en términos de las especies y su composición, a los obtenidos por los investigadores creadores del

protocolo original y quienes comprobaron su efectividad como técnica complementaria para monitorear peces de interés comercial como los pargos, cabrillas, jureles entre otros (Arias Zumbado, 2021; Espinoza et al., 2022). Sin embargo, el enfoque de ciencia ciudadana permitió obtener una mayor muestra con un relativo menor esfuerzo pesquero, al multiplicar el número de pescadores y la distribución espacial de las embarcaciones pescando simultáneamente. Además, se logró responder la pregunta de investigación piloto dirigida a determinar la distribución de las especies de pargo dentro de la bahía, con resultados similares a Arias Zumbado (2021). Esto demuestra que además de permitir la estimación de los indicadores contemplados en el monitoreo, la información puede ser útil para responder otras preguntas de investigación ecológicas en un menor plazo de tiempo. Uno de los retos fue la identificación a nivel de especie de algunas pocas capturas. Por lo tanto, se resaltó en la versión final del protocolo, la continua capacitación de los observadores a bordo, biólogos y no biólogos, y fomentar la práctica de fotografiar rápidamente todas las capturas previo a su liberación. La capacidad de identificar especies en el campo puede ser compleja y comparable entre expertos y no expertos, pero debe refinarse para generar conclusiones ecológicas correctas cuando se quiere guiar su conservación o manejo (Austen et al., 2016). A veces fueron las mismas especies que no lograron identificar los investigadores y los científicos ciudadanos, lo que demuestra que son especies menos comunes, y aunque los aficionados de la pesca ya tienen amplio conocimiento de las especies, una capacitación reforzada en temas de identificación, así como la toma de fotografías, puede ayudar a solventar esta dificultad. Otro reto fue mantener el esfuerzo pesquero durante un mismo evento y entre eventos. A lo largo del evento de monitoreo, si el número de capturas baja, las personas normalmente toman descansos, lo que reduce el esfuerzo pesquero. Sin embargo, e embarcaciones con más pescadores, pescadores extra, existía la oportunidad de rotar sin disminuir la cantidad de personas pescando. También se integró entonces al protocolo estrategias como: descansos grupales durante la jornada de pesca y una categoría de premiación de la última captura del día. Por otro lado, la experiencia y agilidad de pesca varía entre participantes, por lo tanto,

se debe procurar siempre mantener cantidades similares de personas con diferentes niveles de experiencia. Igualmente, el monitoreo considera indicadores que permiten estandarizar la diferencia del esfuerzo de captura entre eventos, por ejemplo, la captura por unidad de esfuerzo. Para procurar la rigurosidad científica se tiene que mantener el rol de personas observadoras a bordo frecuentemente capacitadas y limitar los roles de análisis de datos a las personas investigadoras. Sin embargo, la sistematización podría eventualmente ser implementada por personas no expertas con conocimientos computacionales básicos. Además, será importante la comunicación interinstitucional previo y después al monitoreo para alinear los objetivos de la información colectada y para la verificación de los resultados. Esta comunicación hará que la información colectada tenga un impacto más directo en el manejo (Freitag, 2016).

La contribución de la ciencia ciudadana a la ciencia radica en gran medida en la reducción de los costos de implementación de la metodología al basarse en la participación voluntaria de más personas (Conrad & Daoust, 2008; Gibson et al., 2019; Whitelaw et al., 2003). Los resultados de esta investigación muestran que incluir a personas en diversas etapas de una investigación también mejora la factibilidad del proyecto de investigación en términos económicos y operativos. Los participantes contaban con capacidades heterogéneas dentro del grupo, lo que hizo posible delegar tareas y trabajar de manera cooperativo. Además, mostraron disposición y capacidad de aportar con sus habilidades, conocimientos, materiales, y capital social. Los voluntarios colaboraron en tareas más allá del aspecto directamente científico, como la colecta de datos, que normalmente también tienen un costo operativo, y la organización y comunicación, añadiendo beneficios a la ciencia al distribuir responsabilidades y roles clave sin costo. El principal cambio al protocolo original de monitoreo consistió en agregar pasos previos y posteriores a la implementación, relacionados a la coordinación y comunicación de los resultados, asignando también tareas a diferentes actores de la comunidad. Aunque los operadores de pesca deportiva fueron el principal grupo meta, sus iniciativas de colaboración se limitaron principalmente a convocatoria de sus propios clientes de pesca, compartir contactos para captar recursos, disposición a asistir a la

capacitaciones y monitoreos, y a cumplir las normas establecidas. Otros tour-operadores, aportaron también con dinero para adquirir equipo, prestaron sus equipos extra de pesca, y cubrieron costos de algunas embarcaciones. Las tareas de organización previa y de divulgación posterior fueron asumidas, principalmente, por jóvenes de la comunidad, estudiantes, algunos empresarios, y líderes comunitarios asociados organizaciones gremiales de turismo. Aunque, los tour-operadores podrían involucrarse más en estas fases de organización, la delegación de tareas entre participantes con motivaciones y habilidades diversas resulto efectiva. La organización fue más fluida a medida que se llevaron a cabo más monitoreos, indicando que el aprendizaje durante la implementación puede contribuir a una mejora continua del protocolo, particularmente la asignación de roles. Así, se redactó el protocolo para que sea flexible y se adapte conforme se incorporen más participantes con diferentes capacidades. Mantener un grupo diverso es más efectivo pues personas de diferentes características y grupos pueden aportar de diferente manera, ayudando a distribuir de manera justa los beneficios de la ciencia ciudadana. Por lo tanto, se debe ser proactivo para llegar a diferentes personas dentro de la comunidad con enfoque de interseccionalidad (Pateman et al., 2021).

Aparte de la captación de recursos en efectivo o patrocinios, fue importante que los tour-operadores y voluntarios cooperarán para captar a turistas que quisieran pagar por la experiencia de pesca y liberación para apoyar el monitoreo para cubrir los costos operativos y tener suficiente esfuerzo pesquero. La convocatoria de estos agentes externos a la comunidad fue un reto ya que en este sector existen muchas personas que normalmente intentan capturar especies pelágicas (por ejemplo, pez vela, marlín, dorado, gallo, etc.), o son personas que no quieren liberar todas las capturas (comentarios de los participantes). Sin embargo, para todos los eventos se logró conseguir a suficientes personas que pagaron directamente o que iban cubiertas por empresas, u organizaciones, que quisieron apoyar la iniciativa. Aunque no se hizo un análisis del perfil de los participantes que pagaron, de manera general se observó que eran principalmente clientes frecuentes de los tour-operadores, trabajadoras independientes con flexibilidad de horario y

que ya eran personas sensibilizadas en temas ambientales. Esta información podría ayudar a guiar una convocatoria más dirigida. Además, los participantes mencionaron que el turismo y la pesca recreativa en la región está creciendo. Globalmente también hay una tendencia creciente de turistas con interés de involucrarse en ciencia ciudadana marina (Butler et al., 2023; Schaffer & Tham, 2019; Schläppy et al., 2017). Por lo tanto, existe una oportunidad de captar a pescadores que visiten la zona en los monitoreos, y también para sensibilizar desde etapas tempranas a tour-operadores y guías turísticos que están incursionando en este sector de pesca, como lo sugirieron los mismos participantes. En efecto al favorecer el aprendizaje mediante la acción, la ciencia ciudadana tiene la capacidad de generar aprendizaje transformativo en quienes la practican (Bela et al., 2016). Igualmente, es clave lograr convocatoria a nivel local para lo que se pueden aprovechar las diferentes organizaciones comunitarias locales quienes tienen liderazgo para la comunicación (Pateman et al., 2021). Fue clave también colaborar con otras ONGs locales para cubrir costos para superar limitaciones de financiamiento del monitoreo participativo .

Uno de los grandes retos en las iniciativas de ciencia ciudadana, que son basadas en apoyo o contribución voluntaria de los participantes, es la retención de su participación a largo plazo (Conrad & Hilchey, 2011). En general, los principales beneficios esperados mencionados por los participantes en este estudio se relacionan directa o indirectamente a mejorar o fortalecer sus medios de vida, particularmente quienes se dedican a actividades asociadas a la pesca turística. Algunos participantes comentaron motivaciones identificadas en otros estudios enfocados en pesca deportiva, que pueden ser individuales o comunitarios, así como el interés de contribuir a la ciencia o a temas relacionados al manejo del recurso (Aceves-Bueno et al., 2015; Crandall et al., 2018; Venturelli et al., 2017). También quieren contribuir a la ciencia para tener un impacto en el manejo pesquero y la conservación marina, que indirectamente mejorará el estado del recurso del que depende su actividad económica. Algunos esperan que la información generada ayude a determinar, o reforzar, medidas de gestión pesquera, como tallas y cuotas de captura. Comentaron que algunos tour-operadores no refuerzan las medidas con

sus clientes, y también mencionaron conflictos con pescadores comerciales, pues perciben que dicho sector hace prácticas insostenibles que afectan las poblaciones de las especies objetivo de la pesca deportiva (Villalobos-Rojas et al., 2014). Es también por esto que quieren promover la conciencia ambiental en sus comunidades a través de los conocimientos que adquieran en las capacitaciones y el monitoreo. Esperaban así influir en los comportamientos de aquellos que no cumplen con las medidas de manejo establecidas. El impacto esperado en la gestión ambiental se alinea con los objetivos del protocolo redactado. También perciben beneficios económicos individuales y comunitarios más directos derivados de la ciencia ciudadana. En algunos estudios se ha encontrado que la oportunidad de ayudar a otros es más fuerte que beneficiarse a sí mismos (Cooke et al 2011 en y Crandall). Sin embargo, en este estudio se mencionó con mucha frecuencia el valor agregado para los propios tour-operadores, para los participantes, y para fortalecer los encadenamientos relacionados al turismo ecológico, un beneficio económico que no se ha encontrado tanto en otros estudios. Esto se asocia la oportunidad mencionada del creciente interés en el turismo ecológico y científico. El protocolo incorpora estrategias para mejorar la imagen de las empresas participantes y promover conexiones en la comunidad. Estas estrategias incluyen la generación de certificados y cartas de constancia de participación, mayor visibilidad en redes sociales y el uso de una plataforma de diálogo intersectorial. Además la ciencia ciudadana aumenta su oferta a los turistas con interés en turismo orientado a la conservación (Fernández-Llamazares et al., 2020; Schaffer & Tham, 2019).

Los resultados de la ciencia ciudadana a menudo se evalúan en términos científicos, pero ese impacto se extiende a múltiples dominios como: sociedad, economía, ambiente, ciencia, y gobernanza (Wehn et al., 2021). Esto coincide con los ámbitos de las motivaciones expresadas por los participantes, tanto de turismo como otros sectores, clave para su participación: (1) aprendizaje y (2) construcción de capital social. Otros estudios de ciencia ciudadana con el sector de pesca deportiva que también han identificado motivaciones asociadas a el sentido de comunidad, la generación de capital social, y el acceso al conocimiento (Aceves-Bueno et al., 2015; Crandall et al., 2018). Esto indica que implementar el monitoreo

a través de la ciencia ciudadana, no sólo satisface sus incentivos necesarios para retener su involucramiento, sino que también fortalece su crecimiento individual y comunitario.

La ciencia ciudadana permite a los participantes aprender de los científicos pero también aportar su conocimiento local fomentando un intercambio bidireccional que resulta en el desarrollo de capacidades y alfabetización científica (Bonney et al., 2009; Freitag, 2016). Este proceso fortalece la confianza en los procesos de toma de decisiones basada en ciencia y se vincula con la construcción del capital social. Al conectarse con diversos sectores, los participantes desarrollan liderazgo, identifican recursos y contribuyen a la resolución de problemas, impulsados por su involucramiento voluntario (Conrad & Hilchey, 2011). Esto se traduce en mayor confianza intersectorial, participación en la toma de decisiones, apoyo a la gestión de los recursos naturales y mejoras en sus medios de vida. En general esto resulta también en un impacto en el área de la gobernanza, cuya efectividad radica en parte en el acceso a la información y plataformas de diálogo efectivas, en las que los científicos por su rol neutral, pueden conectar a ciudadanos con entes gubernamentales (Conrad & Hilchey, 2011; Wehn et al., 2021). Aunque no se evaluó el cambio de percepción de los beneficios percibidos tras la participación del proyecto, o su impacto en el ámbito social, se establecieron bases para la transformación social. Por ejemplo, se pudo observar la apropiación de miembros de la comunidad, mayor liderazgo en algunos participantes, y un mejoramiento en habilidades referentes al monitoreo a través del tiempo. En esta investigación se aplicó un enfoque de investigación acción, en el que el investigador dirige un proceso intencionado en generar un cambio en algún proceso, en este caso la modificación del protocolo para que fuera viable. Sin embargo, la ciencia ciudadana incorporó elementos de la investigación acción participativa, enfoque de investigación que genera cambios en la comunidad al impactar su desarrollo personal, por ejemplo, fortaleciendo sus medios de vida (Hernández Sampieri et al., 2014). Este tipo de motivaciones de los participantes en la ciencia ciudadana también se están considerando en las estrategias incorporadas del protocolo redactado, y es importante que se cumplan para continuar implementando el

monitoreo biológico a largo plazo. Por ejemplo, para evitar la deserción de los participantes y mantener su interés, debe haber un proceso continuo de comunicación y devolución de resultados, debe reconocerse su aporte y que su participación se ajuste a sus intereses y habilidades (Robinson et al., 2018; Whitelaw et al., 2003).

En conclusión, el proceso de investigación permitió diseñar un protocolo con viabilidad y efectividad técnica y social en el que se integra a miembros de la comunidad en la colecta de datos, pero también en etapas de organización y de procesamiento de la información. Los objetivos y las estrategias para alcanzarlos del protocolo resultante de la investigación están dirigidos a generar información con aplicabilidad en el manejo, e incluyen estrategias que generen beneficios económicos y que permitan la inserción de las capacidades y recursos de los participantes, por lo que en principio existen los mecanismos principales para retener la participación a largo plazo. La propuesta incluso tiene potencial de ser replicada en otras áreas de manejo. Se logran satisfacer las necesidades del monitoreo biológico dentro del área de manejo a un costo que es asumido principalmente por los mismos participantes y colaboradores académicos, organizaciones no gubernamentales, entes privados y la sociedad civil. Al integrar las capacidades de los diferentes miembros de la comunidad y su visión de cómo pueden aportar y su comprensión de cómo funciona el monitoreo también es estratégico para mantener la operatividad de los monitoreos con personas ya capacitadas. En efecto varias de las fortalezas y oportunidades identificadas por los participantes pueden hacer sinergia y mitigar las amenazas y debilidades que mencionaron. Al mismo tiempo se están generando beneficios para los científicos ciudadanos participantes lo que genera incentivos para su involucramiento a largo plazo. Adicionalmente, integrar la ciencia ciudadana a manera de monitoreo biológico basado en comunidad, trasciende su valor científico y ambiental, para desempeñar un papel clave en el desarrollo sostenible de la zona mediante la democratización del conocimiento y el fortalecimiento de capacidades dentro de una comunidad ambientalmente sensibilizada. En conjunto, este impacto integrado mejora la gestión del área marina de manejo al incorporar nuevas formas de

generación de conocimiento. La integración de enfoques interdisciplinarios, como las ciencias sociales ambientales, también puede llevar a resultados distintos y más efectivos. Estos enfoques reconocen la visión y los comportamientos de los usuarios, que son esenciales para la implementación exitosa del manejo (Cinner & Aswani, 2007). Se recomienda dar continuidad a la implementación de este protocolo e integrar estrategias de evaluación de su impacto en los diferentes ámbitos, por ejemplo, agregando indicadores asociados a la participación y aprendizaje en el proceso de ciencia ciudadana. Es importante considerar que el protocolo anexado en este capítulo es una propuesta final, elaborado bajo un enfoque de investigación innovador que requiere una validación oficial final para evaluar su posible integración oficial a los procedimientos del AMM-BSE.

## 5. AGRADECIMIENTOS

El trabajo de campo no hubiera sido posible sin el apoyo de los tour operadores, empresas y personas voluntarias de las comunidades El Jobo, Cuajiniquil y La Cruz integrantes de Ciencia Ciudadana Marina Santa Elena (CC-MAR). Gracias especiales a Lissy Ruiz, Christian Zúñiga, Fausto Arias, Roberto Rojas, Gabriel Sibaja, Aren Ampié y Gretel Vega por su rol activo en la organización y consolidación de los talleres y los eventos de pesca científica. A Sofía Garro y a Camila Rodríguez por transcribir los talleres. Gracias a las y los turistas aficionados de la pesca deportiva que se sumaron a los eventos piloto. A las y los observadores a bordo voluntarios Jorge Valerio, Fausto Arias, Sofía Garro, Paola Díaz. Agradecemos al Área de Conservación Guanacaste (ACG-Costa Rica) e INCOPECA por el aval y apoyo. Este estudio se realizó bajo el permiso R-ACG-PI-031-2020 y ADENDUM R-SINAC-ACG-PI-033-2020. Este proyecto fue apoyado financieramente por el Sistema de Estudios de Posgrado (SEP) de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica Wildlife Foundation y aportes voluntarios de individuos, y empresas del sector turístico y comercial.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aceves-Bueno, E., Adeleye, A. S., Bradley, D., Tyler Brandt, W., Callery, P., Feraud, M., Garner, K. L., Gentry, R., Huang, Y., McCullough, I., Pearlman, I., Sutherland, S. A., Wilkinson, W., Yang, Y., Zink, T., Anderson, S. E., & Tague, C. (2015). Citizen Science as an Approach for Overcoming Insufficient Monitoring and Inadequate Stakeholder Buy-in in Adaptive Management: Criteria and Evidence. *Ecosystems*, *18*(3), 493–506. <https://doi.org/10.1007/s10021-015-9842-4>
- Alberich, T., Arnanz, L., Basagoiti, M., Belmonte, R., Bru, P., Espinar, C., García, N., Habegger, S., Heras, P., Hernández, D., Lorenzana, C., Martín, P., Montañés, M., Villasante, T. R., & Tenze, A. (2009). *Metodologías participativas*. 91.
- Arias Zumbado, F. E. (2021). *Caracterización espacial de los vertebrados marinos y su aprovechamiento económico en Bahía Santa Elena, Costa Rica* [Maestría]. Universidad Nacional.
- Austen, G. E., Bindemann, M., Griffiths, R. A., & Roberts, D. L. (2016). Species identification by experts and non-experts: Comparing images from field guides. *Scientific Reports*, *6*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/srep33634>
- Bela, G., Peltola, T., Young, J. C., Balázs, B., Arpin, I., Pataki, G., Hauck, J., Kelemen, E., Kopperoinen, L., Van Herzele, A., Keune, H., Hecker, S., Suškevičs, M., Roy, H. E., Itkonen, P., Kylvik, M., László, M., Basnou, C., Pino, J., & Bonn, A. (2016). Learning and the transformative potential of citizen science: Lessons from the Study of Nature. *Conservation Biology*, *30*(5), 990–999. <https://doi.org/10.1111/cobi.12762>
- Bolser, D. G., Grüss, A., Lopez, M. A., Reed, E. M., Mascareñas-Osorio, I., & Erisman, B. E. (2018). The influence of sample distribution on growth model output for a highly-exploited marine fish, the Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*). *PeerJ*, *6*, e5582. <https://doi.org/10.7717/peerj.5582>
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science

- Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, 59(11), 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Butler, G., Ross, K., Beaman, J., Hoepner, C., Baring, R., & Burke da Silva, K. (2023). Utilising tourist-generated citizen science data in response to environmental challenges: A systematic literature review. *Journal of Environmental Management*, 339, 117889. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117889>
- Cigliano, J. A., Meyer, R., Ballard, H. L., Freitag, A., Phillips, T. B., & Wasser, A. (2015). Making marine and coastal citizen science matter. *Ocean & Coastal Management*, 115, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.012>
- Cinner, J. E., & Aswani, S. (2007). Integrating customary management into marine conservation. *Biological Conservation*, 140(3), 201–216. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.08.008>
- Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176(1–4), 273–291. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5>
- Conrad, C. T., & Daoust, T. (2008). Community-based monitoring frameworks: Increasing the effectiveness of environmental stewardship. *Environmental Management*, 41(3), 358–366. <https://doi.org/10.1007/s00267-007-9042-x>
- Crandall, C. A., Monroe, M., Dutka-Gianelli, J., Fitzgerald, B., & Lorenzen, K. (2018). How to Bait the Hook: Identifying What Motivates Anglers to Participate in a Volunteer Angler Data Program. *Fisheries*, 43(11), 517–526. <https://doi.org/10.1002/fsh.10156>
- Degenford, J. H., Liang, D., Bailey, H., Hoover, A. L., Zarate, P., Azócar, J., Devia, D., Alfaro-Shigueto, J., Mangel, J. C., de Paz, N., Davila, J. Q., Barturen, D. S., Rguez-Baron, J. M., Williard, A. S., Fahy, C., Barbour, N., & Shillinger, G. L. (2021). Using fisheries observation data to develop a predictive species distribution model for endangered sea turtles. *Conservation Science and Practice*, 3(2). <https://doi.org/10.1111/csp2.349>

- Dickinson, J. L., Zuckerberg, B., & Bonter, D. N. (2010). Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41(1), 149–172. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>
- Espinoza, M., Arias-Zumbado, F., Chaves-Zamora, I., & Farías-Tafolla, B. (2022). Comparación de cuatro métodos para contar peces en una bahía tropical: El caso del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena en el Pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 70, 15.
- Esteves-Dias, A. C., Cinti, A., Parma, A. M., & Seixas, C. S. (2020). Participatory monitoring of small-scale coastal fisheries in South America: Use of fishers' knowledge and factors affecting participation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30(2), 313–333. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09602-2>
- Fairclough, D. V., Brown, J. I., Carlish, B. J., Crisafulli, B. M., & Keay, I. S. (2014). Breathing life into fisheries stock assessments with citizen science. *Scientific Reports*, 4(1), 7249. <https://doi.org/10.1038/srep07249>
- Fernández-Llamazares, Á., Fraixedas, S., Brias-Guinart, A., & Terraube, J. (2020). Principles for including conservation messaging in wildlife-based tourism. *People and Nature*, pan3.10114. <https://doi.org/10.1002/pan3.10114>
- Freitag, A. (2016). A typology for strategies to connect citizen science and management. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(9), 519. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5513-y>
- Fulton, S., López-Sagástegui, C., Weaver, A. H., Fitzmaurice-Cahluni, F., Galindo, C., Fernández-Rivera Melo, F., Yee, S., Ojeda-Villegas, M. B., Fuentes, D. A., & Torres-Bahena, E. (2019). Untapped Potential of Citizen Science in Mexican Small-Scale Fisheries. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00517>
- García, J. (2013). *Informe final: Mapeo General de Actores para los Vacíos de Conservación Cabo Blanco y Bahía Santa Elena* (p. 52).
- Geilfus, F. (2005). *80 herramientas para el desarrollo participativo: Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación*. IICA.
- Gibson, K. J., Streich, M. K., Topping, T. S., & Stunz, G. W. (2019). Utility of citizen


- science data: A case study in land-based shark fishing. *PLOS ONE*, 14(12), e0226782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226782>
- Granek, E. F., Madin, E. M. P., Brown, M. A., Figueira, W., Cameron, D. S., Hogan, Z., Kristianson, G., de Villiers, P., Williams, J. E., Post, J., Zahn, S., & Arlinghaus, R. (2008). Engaging Recreational Fishers in Management and Conservation: Global Case Studies. *Conservation Biology*, 22(5), 1125–1134. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00977.x>
- Granizo, T., Molina, M. E., Secaira, E., Herrera, B., Benítez, S., Maldonado, O., Arroyo, P., Isola, S., & Castro, M. (2006). *Manual para la planificación y la conservación de áreas PCA* (p. 206). TNC-USAID. [https://www.conservationgateway.org/documents/manual\\_pca\\_spanish\\_1.pdf](https://www.conservationgateway.org/documents/manual_pca_spanish_1.pdf)
- Griffin, L. P., Adam, P.-A., Fordham, G., Curd, G., McGarigal, C., Narty, C., Nogués, J., Rose-Innes, K., Merwe, D. V., Danylchuk, S. C., Cooke, S. J., & Danylchuk, A. J. (2021). Cooperative monitoring program for a catch-and-release recreational fishery in the Alphonse Island group, Seychelles: From data deficiencies to the foundation for science and management. *Ocean & Coastal Management*, 210, 105681. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105681>
- Gundelund, C., Arlinghaus, R., Baktoft, H., Hyder, K., Venturelli, P., & Skov, C. (2020). Insights into the users of a citizen science platform for collecting recreational fisheries data. *Fisheries Research*, 229, 105597. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105597>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- INCOPESCA. (2023). *Datos abiertos—Registros del sector—Licencias de Pesca Nacionales Vigentes*. [http://www.incopescas.go.cr/acerca\\_incopescas/transparencia\\_institucional/datos\\_abiertos.aspx](http://www.incopescas.go.cr/acerca_incopescas/transparencia_institucional/datos_abiertos.aspx)
- Loxton, M. H. (2021). *Analyzing Focus Groups with MAXQDA*. MAXQDA Press. <https://doi.org/10.36192/978-3-948768065>

- Pateman, R. M., Dyke, A., & West, S. E. (2021). The Diversity of Participants in Environmental Citizen Science. *Citizen Science: Theory and Practice*. <https://doi.org/10.5334/cstp.369>
- Robinson, L. D., Cawthray, J. L., West, S. E., Bonnt, A., & Ansine, J. (2018). Ten principles of citizen science. In *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy* (1st ed., pp. 27–40). UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>
- Schaffer, V., & Tham, A. (2019). Engaging tourists as citizen scientists in marine tourism. *Tourism Review*, 75(2), 333–346. <https://doi.org/10.1108/TR-10-2018-0151>
- Schläppy, M.-L., Loder, J., Salmond, J., Lea, A., Dean, A. J., & Roelfsema, C. M. (2017). Making Waves: Marine Citizen Science for Impact. *Frontiers in Marine Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00146>
- Senabre, E. (2018). *Diseño participativo de experimentos de ciencia ciudadana | Participatory design of citizen science experiments*. 10.
- SINAC. (2017). *Plan General de Manejo del Sitio de Importancia para la Conservación Bahía* (p. 69). SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación).
- SINAC. (2020a). *Plan de aprovechamiento de recursos pesqueros del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, Guanacaste* (p. 56). Sistema Nacional de Áreas de Conservación-Área de Conservación Guanacaste. Guanacaste-Costa Rica.
- SINAC. (2020b). *Protocolo de elementos focales de monitoreo pesquero en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, Guanacaste* (p. 63). Área de Conservación Guanacaste.
- Sonix. (2023). *Automatically convert audio and video to text: Fast, Accurate, & Affordable*. Sonix. <https://sonix.ai/>
- Støttrup, J. G., Kokkalis, A., Brown, E. J., Olsen, J., Kærulf Andersen, S., & Pedersen, E. M. (2018). Harvesting geo-spatial data on coastal fish assemblages through coordinated citizen science. *Fisheries Research*, 208, 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.07.015>

- Venturelli, P. A., Hyder, K., & Skov, C. (2017). Angler apps as a source of recreational fisheries data: Opportunities, challenges and proposed standards. *Fish and Fisheries*, 18(3), 578–595. <https://doi.org/10.1111/faf.12189>
- Vianna, G. M. S., Meekan, M. G., Bornovski, T. H., & Meeuwig, J. J. (2014). Acoustic Telemetry Validates a Citizen Science Approach for Monitoring Sharks on Coral Reefs. *PLOS ONE*, 9(4), e95565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095565>
- Villalobos-Rojas, F., Herrera-Correal, J., Garita-Alvarado, C. A., Clarke, T., & Beita-Jiménez, A. (2014). Actividades pesqueras dependientes de la ictiofauna en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 119. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20038>
- Wehn, U., Gharesifard, M., Ceccaroni, L., Joyce, H., Ajates, R., Woods, S., Bilbao, A., Parkinson, S., Gold, M., & Wheatland, J. (2021). Impact assessment of citizen science: State of the art and guiding principles for a consolidated approach. *Sustainability Science*, 16(5), 1683–1699. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00959-2>
- Whitelaw, G., Vaughan, H., Craig, B., & Atkinson, D. (2003). Establishing the Canadian Community Monitoring Network. *Environmental Monitoring and Assessment*, 88(1), 409–418. <https://doi.org/10.1023/A:1025545813057>

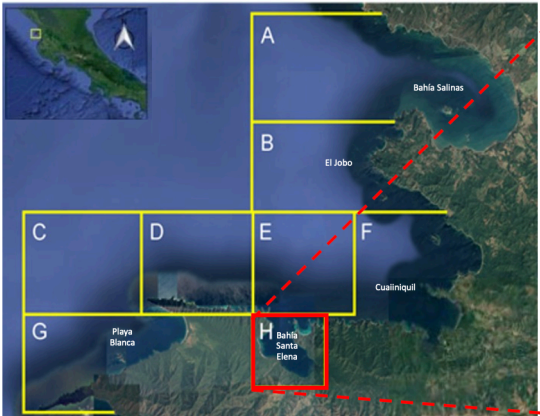
## 7. ANEXOS

### Anexo1. Tabla de datos y mapa usados en evento de monitoreos piloto

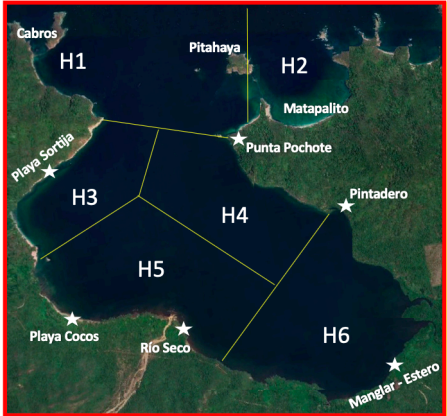


**INSTRUCCIONES**

1. Al inicio de la jornada de pesca, anote la información que se solicita en la parte superior de la hoja.
2. Una vez capturado un pez, utilice el mapa para ubicar el sitio de captura basándose en el sistema de códigos de letras y números de la siguiente imagen:



**Bahía Santa Elena**



3. Al final de la jornada de pesca, escribir la hora final y el tiempo efectivo de pesca, es decir, las horas dedicadas a la pesca.



## OBJETIVOS

- Dar a conocer proyectos de investigación que se llevan a cabo dentro del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena (AMM-BSE).
- Brindar una introducción a la ciencia ciudadana y su potencial
- Obtener percepciones de potenciales beneficios, fortalezas y barreras de participación para personas de La Cruz en un proyecto de monitoreo de peces basado en ciencia ciudadana.

## CONTEXTO

El Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR-UCR) actualmente desarrolla múltiples investigaciones ecológicas marinas en la región. Algunas de estas, son parte de los proyectos de tesis bajo la mentoría del Dr. Mario Espinoza. Estos proyectos de investigación pretenden generar información científica útil para guiar esfuerzos de conservación y manejo sostenible de la biodiversidad y los ecosistemas marinos. Para esto, también se impulsa educación ambiental, concientización y extensión comunitaria en las comunidades costeras alrededor de los sitios de estudio donde se basan estas investigaciones.

Una reciente investigación de tesis de maestría del GIACT se centra el estudio de la ecología espacial de pargos en el AMM-BSE. El objetivo general es cuantificar los patrones de residencia, movimiento y uso del hábitat de varias especies de pargo (Lutjanidae) dentro de la bahía utilizando telemetría acústica pasiva y monitoreo basado en ciencia ciudadana con la participación de pescadores locales con la técnica de captura-liberación.

El componente que incorpora ciencia ciudadana, pretende aparte de generar información ecológica relevante, consolidar una comunidad local de ciencia ciudadana marina que pueda eventualmente apoyar el monitoreo de peces del AMM BSE y otras investigaciones locales.

El AMM BSE ya cuenta con un protocolo metodológico con la técnica de pesca deportiva. Por lo tanto, la novedad del presente proyecto es que busca generar una propuesta que le brinde viabilidad a eventos participativos para generar los datos de monitoreo a largo plazo de una manera costo-efectiva mientras se genera un incentivo socioeconómico a la comunidad participante del monitoreo.

El proyecto incorpora:

- Talleres participativos y de capacitación
- Eventos tipo torneo de pesca científica como actividades piloto de monitoreo participativo de peces en AMM-BSE, con pargos como especies objetivo.
- Análisis de datos de las capturas obtenidas durante dichos eventos.
- Elaboración participativa de una propuesta de protocolo de monitoreo de peces en AMM BSE.

Así, se obtendrá información relevante sobre los pargos y el AMM-BSE y se generará un modelo de investigación basado en ciencia ciudadana que podrá proponerse y eventualmente incorporarse dentro de las actividades de monitoreo del AMM-BSE. Paralelamente, se estarán sentando bases para un grupo comunitario organizado y capacitado para aportar a la investigación y protección marina de la región.

Para cumplir los objetivo de este proyecto, será clave la participación de múltiples sectores relevantes de la comunidad: sector público y privado, personas líderes de la comunidad, personas pescadoras, entre otras, desde el inicio del proyecto.

Por esta razón, se inició con un taller de socialización de las investigaciones del grupo de investigación a cargo del proyecto de pargos y ciencia ciudadana. Fue al finalizar este taller, que se convocó la participación al proyecto de pargos durante los eventos de pesca científica.

## MÉTODOS

El taller tuvo un componente de charlas educativas y se complementó con dinámicas de trabajo. Se dividió en dos segmentos, (1) enfoque informativo y educativo sobre investigaciones en la zona (Cuadro 2), y (2) ciencia ciudadana con elementos educativos y dinámicas grupales (Cuadro 3).

Cuadro 1. Agenda del Taller 1

1. Estudios en AMM- Bahía Santa Elena	
ACTIVIDAD	HORA
Registro participantes	4:30
Bienvenida	5:00
Charla: Investigaciones de ecología espacial de tiburones, rayas, tortugas y pargos en AMM-BSE.	5:10-5:40
2. Introducción a la ciencia ciudadana	
ACTIVIDAD	HORA
Charla: ¿Qué es ciencia ciudadana?	5:40-5:50
Dinámica 1: Beneficios de la ciencia ciudadana	5:50-6:50
Dinámica 2: fortalezas y debilidades para participar en ciencia y ciudadana	6:50-7:30
Resumen del taller	7:30-7:45

Cuadro 2. Descripción de las dinámicas grupales

Actividad	Objetivo	Descripción de la dinámica
1. Beneficios ciencia ciudadana	Identificar potenciales beneficios (incentivos) de participar en una iniciativa de ciencia ciudadana para los	En subgrupos, se discutieron y anotaron en fichas los diferentes beneficios esperados de participar como personas científicas ciudadanas y luego se leyeron en voz alta todas.

	diferentes sectores participantes.	
2. Fortalezas y debilidades para participar	Identificar potenciales fortalezas, así como obstáculos para poder involucrarse como personas científicas ciudadanas.	En subgrupos, se discutieron y anotaron primero las fortalezas con las que cuentan las personas/empresas/grupos participantes para participar y luego se leyeron en voz alta todas.

- Sección 1: las personas participantes tuvieron rol pasivo de escucha para aprender sobre los proyectos de ecología espacial de tiburones, rayas, tortugas y pargos en AMMBSE y se abrió espacio a preguntas.
- Sección 2: Se dio una charla sobre la definición y el valor de la ciencia ciudadana. Posteriormente, se hicieron dos dinámicas trabajadas en subgrupos agrupados por sectores de la comunidad. Tras cada dinámica, una persona representante de cada subgrupo presentó en plenario sus resultados.

Finalmente, se presentó la propuesta de monitoreo participativo de pargos y se les convocó a participar de este proyecto piloto.

Hubo consentimiento informado para grabar durante los talleres por parte de las personas participantes. La sección 1 fue divulgada por FB Live del ACG para una mayor difusión de las investigaciones (Anexo 1 y 2). Se ofreció un refrigerio para disfrutar mientras se desarrollaban las dinámicas.

## RESULTADOS

### Asistencia

Al taller asistieron **29 personas** representantes de múltiples sectores de la comunidad (Cuadro 3, Anexo 3, Anexo 4 y Anexo 5). Se convocó principalmente a habitantes de Puerto Soley El Jobo y Cuajiniquil. Sin embargo, no asistieron personas de Puerto Soley. Además, se invitó a estudiantes de biología del CIMAR como asistentes voluntarios de la actividad y a miembros de la comunidad conocidos por su participación en esfuerzos de investigación, conservación y/o activismo comunitario. La mayoría fueron representantes de empresas tour operadoras marinas, principalmente de pesca deportiva, debido a la naturaleza del proyecto.

Cuadro 3. Clasificación resumida por sector de los actores participantes del taller.

Sector de la comunidad	Representantes
Empresarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tour operadores marinos locales</li> <li>- Agencias de turismo</li> <li>- Hoteleros y restaurantes</li> </ul>
Organismos públicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ACG – COLAC</li> <li>- Municipalidad</li> </ul>
ONGs locales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo Tora Carey</li> </ul>
Organizaciones comunitarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CETUR</li> <li>- Aso. Tour Operadores Marinos</li> <li>- CTC La Cruz</li> </ul>
Miembros comunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pescadores</li> <li>- Otros individuos</li> </ul>
Academia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UCR – CIMAR</li> </ul>

## Resultados dinámicas

### *Dinámica 1. Beneficios de la ciencia ciudadana*



Los cuatro beneficios prioritarios identificados según la frecuencia de mención, se utilizarán para el desarrollo del proyecto y los siguientes talleres participativos.

*Dinámica 2. Fortalezas y obstáculos para participar.*

Inicialmente, se planeaba hacer un análisis de FODA completo. Sin embargo, por limitaciones de tiempo, se anotaron solamente las fortalezas y obstáculos (Figura 3).

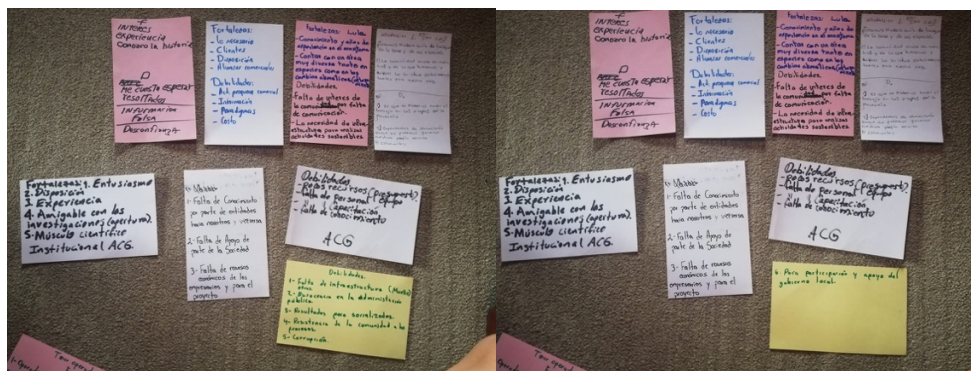
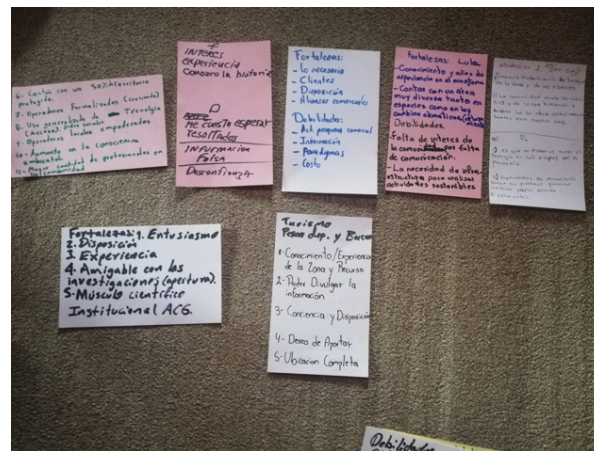


Figura 3. Fortalezas y debilidades indicadas durante la dinámica grupal 2.

Con base en estas respuestas, se procederá a hacer una codificación y análisis que permita identificar los demás componentes del FODA, es decir, las oportunidades y las amenazas. Esto se logra dividiendo las respuestas entre factores internos

(fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) afectando su capacidad de participación.

## **CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES GENERALES**

- Las personas participantes muestran interés en continuar participando del proceso.
- Aprendizaje y comprensión científica-ecológica básica parecen ser importantes para ellas pues les brinda liderazgo y capacidad de injerencia informada en procesos de toma de decisiones.
- Debido a que la mayoría eran del sector empresarial, el valor agregado es un tema frecuentemente repetido. Muchos de ellos tienen como requisito hacer aportes sociales-ambientales, particularmente quienes quieren optar por certificaciones turísticas, “eco-sellos”, entre otros.
- Este sector pareciera tener más capital económico para aportar a los eventos de ciencia ciudadana. Otros sectores tienen potencial de aportar de otras maneras, como con sus conocimientos, habilidades individuales y capital social.
- Las mismas personas que participaron generaron muchas preguntas de fenómenos ecológicos que quisieran aprender. Esto se vuelve una oportunidad y guía importante para el proyecto.

## **MATERIAL SUPLEMENTARIO**

MATERIAL SUPLEMENTARIO 1. Convocatoria para presentación en vivo de proyectos de monitoreo de fauna y ciencia ciudadana en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena.



MATERIAL SUPLEMENTARIO 2. Evidencias de participación durante el taller



### **Anexo 3. Memorias taller 2 y evento de monitoreo piloto 1.**

#### **Taller 2**

#### **CIENCIA CIUDADANA MARINA SANTA ELENA (CC-MAR) EN ACCIÓN.**

Fecha: 1 y 2 octubre 2021

Lugares: Restaurante Arrecife, Cuajiniquil y AMM-BSE.

Personas facilitadoras:

- Mario Espinoza, PhD (Biólogo, profesor e investigador CIMAR, UCR)
- Lucía Vargas Araya (Bióloga y estudiante Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GIACT), CIMAR, UCR)
- Jorge Valerio
- Sofía Garro
- Verónica Valverde

#### **OBJETIVOS**

1. Analizar el progreso de CC-Mar.
3. Establecer roles y protocolos para el monitoreo de peces con ciencia ciudadana.
2. Conocer el método científico e importancia de la rigurosidad en ciencia.
4. Preparar y establecer la dinámica del segundo torneo de pesca CC-Mar

#### **CONTEXTO**

Una reciente investigación de tesis de maestría del CIMAR se centra el estudio de la ecología espacial de pargos en el AMM-BSE. El objetivo general es cuantificar los patrones de residencia, movimiento y uso del hábitat de varias especies de pargo (Lutjanidae) dentro de la bahía utilizando telemetría acústica pasiva y monitoreo basado en ciencia ciudadana con la participación de pescadores locales con la técnica de captura-liberación.

El componente que incorpora ciencia ciudadana pretende, aparte de generar información ecológica relevante, consolidar un grupo comunitario local organizado y capacitado para aportar a la investigación y protección marina de la región.

El proyecto incorpora:

- Talleres participativos y de capacitación
- Eventos tipo torneo de pesca científica
- Análisis de datos de las capturas obtenidas durante dichos eventos.
- Elaboración participativa de una propuesta de protocolo de monitoreo de peces en AMM BSE.

En **abril 2021 se implementó un primer taller** del proyecto, durante el que participaron 29 personas que accedieron a formar parte del proyecto de investigación de pargos. Con base en la información recopilada durante dicho taller, se diseñó el presente segundo taller.

Si bien las investigaciones científicas tienen estándares y métodos rigurosos, en el proceso se está buscando ser flexible donde se pueda para incorporar los conocimientos, habilidades, intereses y posibilidades de las personas participantes. De esta manera se espera generar protocolos científicamente válidos, pero también socialmente viables o sostenibles a largo plazo. A partir de este segundo taller se están estableciendo los límites de aspectos negociables, y no negociables del diseño participativo de los protocolos tomando en cuenta la rigurosidad científica y también las normativas públicas.

Previo al taller incluyó una diseñadora diseñó un logo (Anexo 1) y se generó un nombre para la agrupación para crear un identidad grupal que respalde su participación. Esta será una identidad que se irá solidificando y modificando conforme pase el tiempo y se sumen más miembros de las comunidades de La Cruz.

## MÉTODOS

El taller tuvo un componente de capacitación y se complementó con dinámicas de trabajo (Cuadro 1). Se dividió en dos días, (1) taller participativo, y (2) primer evento de pesca bajo enfoque de ciencia ciudadana. La convocatoria a ambas actividades se hizo mediante las personas participantes del primer taller y se aceptó la participación de más personas voluntarias interesadas. Por esta razón fue importante repetir brevemente conceptos clave del taller 1 que se hizo en abril 2021.

Cuadro 1. Agenda del Taller 2 y Evento de pesca científica grupal 1.

<b>DÍA 1. TALLER #2</b>	
<b>1. Objetivos de CC-Mar y definiéndonos como miembros de CC-Mar</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HORA</b>
Registro participantes	4:30
Bienvenida	5:00 – 5:10
Dinámica 1: Definiendo quiénes somos en CC-Mar	5:10 – 5:40
Dinámica 2: Beneficios de participar en ciencia ciudadana y estrategias para conseguirlos	5:40 – 6:10
<b>2. Preparación torneo pesca CC-Mar: Reglas, protocolos y acción en el campo</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HORA</b>
Charla: Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena y su importancia para pargos	6:15 – 6:35
Charla: Utilidad del marcaje de peces y toma de datos	6:35 – 6:45
Dinámica 3: Práctica de marcaje peces y de toma de datos	6:45 – 7:15
Reglas de CC-Mar y plan de los torneos	7:15 – 7:40
Resumen del taller	7:40 – 7:50
<b>DÍA 2 – PRIMER EVENTO TIPO TORNEO PESCA CIENCIA CIUDADANA</b>	

ACTIVIDAD	HORA
Encuentro en Bahía Santa Elena	7:00 – 7:15
Sesión de pesca (2 horas por región)	7:15 – 1:00
Receso de almuerzo y recopilación de datos en Playa Sortija	1:00 – 1:30
Premiaciones y cierre de actividad en Playa Sortija	1:30 – 2:00

Día 1 - Taller: La primer sección del taller se enfocó recapitular el trabajo realizado durante el primer taller y luego en la formación participativa de la identidad CC-MAR y propuestas de acciones para obtener los beneficios esperados (dinámicas 1 y 2, Cuadro 2). Durante la segunda parte del día del taller se presentó la dinámica, los métodos y las normas para el primer evento tipo torneo con personas científicas ciudadanas (dinámica 3). Finalmente, se tocó el tema de roles como una introducción al siguiente taller. Para esto se mencionaron brevemente diferentes tareas necesarias antes, durante y después de un evento de pesca científica para que las personas participantes visualizaran su potencial aporte o responsabilidades dentro de la iniciativa.

Cuadro 2. Descripción de las dinámicas grupales

Actividad	Objetivo	Descripción
Dinámica 1: Lluvia de ideas. ¿Cómo obtener los beneficios esperados?	Identificar posibles estrategias individuales y grupales para alcanzar los principales beneficios identificados en el Taller 1,	Se presentaron los 5 principales beneficios identificados en el Taller 1. Se dividió el grupo en 3 subgrupos. Cada uno escribió 1-3 estrategias para alcanzar cada beneficio. Las respuestas se presentaron en plenario.

<p>Dinámica 2: Completar. Definiendo quiénes somos en CC-Mar</p>	<p>Iniciar el proceso de creación de una identidad grupal y mencionar posibles tareas de CC-Mar, a las cuales eventualmente se les deberá asignar responsables para que participantes comiencen a visualizar su rol activo en CC-Mar, tema que se desarrollará en un próximo taller.</p>	<p>Se dividió en los mismos 3 grupos, en estos subgrupos rellenaron un tríptico gigante. Secciones a rellenar fueron:</p> <p><i>Nosotros somos</i> _____ <i>y participamos del proyecto porque</i> _____.</p> <p><i>Dentro del proyecto CC-Mar somos responsables de (roles)</i> _____.</p> <p><i>Estamos comprometidos (valores) con</i> _____.</p> <p><i>Nosotros obtenemos beneficios como</i> _____.</p> <p><i>Lista de aporte de CC-Mar a nosotros mismos</i> _____, <i>a la ciencia</i> _____ <i>y a la sociedad</i> _____ -</p> <p>Moderadora del grupo presentó los tres trípticos elaborados por los grupos frente al grupo. Espacio para comentarios y preguntas.</p>
<p>Dinámica 3: Práctica de marcaje peces y de toma de datos</p>	<p>Entrenar a las personas en la técnica de marcaje externo y apunte de datos en las tablas de datos de CC-Mar</p>	<p>Primero se explicó una vez frente a todo el grupo cómo se colocan las marcas y cómo deben usarse las tablas de datos. Se dividió a los participantes en grupos, cada uno acompañado por un biólogo. Un grupo debía practicar el marcaje y toma de datos de un pescado congelado. Mientras, los demás grupos practicaron la toma de datos espaciales y biométricos (Figura 1 ) con base en postales de peces. Biólogo les hizo simulaciones: colocaron postales de peces dentro de algún cuadrante del mapa de la bahía y participantes rellenaron datos en la tabla.</p>



métodos científicos. Además, ella se encargó de hacer observaciones cualitativas de las actitudes y comportamientos de las tripulaciones. Al final, cada participante completó un formulario de evaluación de la actividad (Anexo 4). Esta información es importante como retroalimentación para el diseño de protocolos o eventos futuros.

## RESULTADOS

### Asistencia

Al día 1 del taller asistieron **19 personas** representantes de múltiples sectores de la comunidad y el día 2, día del evento de pesca, participaron **5 embarcaciones con un total de 26 personas** (Cuadro 3, Anexos 2 y 3). Se convocó principalmente a participantes del primer taller (principalmente tour operadores) y se les sugirió convocar a clientes aficionados de la pesca deportiva con interés en participar de un evento de este tipo, durante el que todas las capturas debían ser liberadas. Además, dos de las embarcaciones fueron dedicadas a participantes de la comunidad que representan sectores clave, con niveles variados de conocimiento en pesca deportiva. Además, se invitó a biólogos voluntarios del CIMAR como asistentes voluntarios de la actividad.

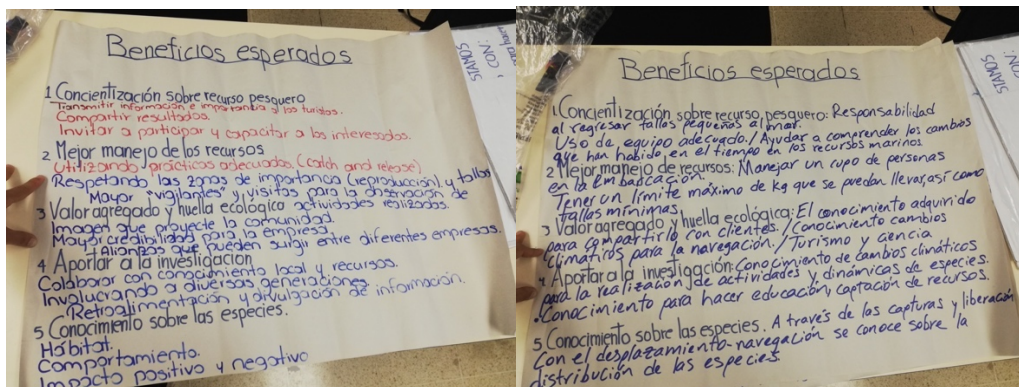
Cuadro 3. Clasificación por sector de los actores participantes del taller.

Sector de la comunidad	Representantes
Empresarios	- Tour operadores marinos locales - Agencias de turismo
Organismos públicos	- ACG – COLAC - Municipalidad
Organizaciones comunitarias	- CETUR - Aso. Tour Operadores Marinos - CTC La Cruz
Miembros comunidad	- Pescadores - Otros individuos - Turistas
Academia	- UCR – CIMAR - UNA - LEMACO

## Resultados dinámicas

### Dinámica 1. Acciones para obtener beneficios de ciencia ciudadana.

Cada grupo mencionó de 1 a 3 acciones concretas para cada uno de los 5 principales beneficios identificados (Figura 2). Estas fueron transcritas, agrupadas en categorías y subcategorías según su significado. Aún están pendientes en proceso los análisis cualitativos sobre esta información. Sin embargo, el estado actual de los análisis permite identificar (1) se observaron ideas en común entre los tres grupos, (2) las personas participantes identificaron acciones que pueden hacer ellas mismas, y otras que dependen de terceras personas, y (3) existen acciones que podrán lograr tras un proceso más enfocado de capacitación a personas particulares. Por ejemplo, algunas consideran que ellas pueden ser capaces de eventualmente entrenar a nuevos y nuevas integrantes, brindar charlas informativas sobre vida marina y ser agentes de concientización en pro de la conservación marina.



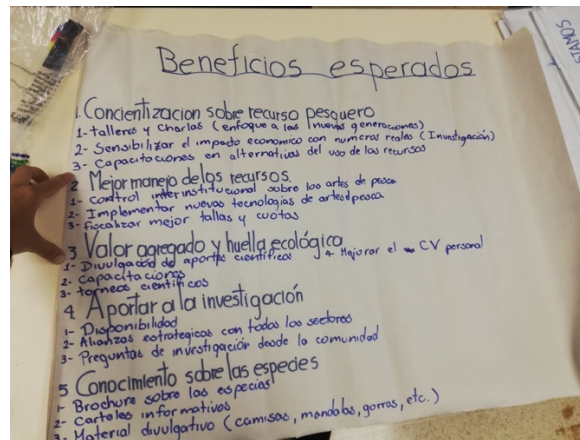


Figura 2. Respuestas de los tres subgrupos sobre potenciales acciones para lograr los beneficios esperados.

### Dinámica 2. Trípticos de identidad CC-MAR.

Cada subgrupo completó su propio tríptico. Se identificaron puntos en común y complementarios, y al final de la actividad se llegó a un consenso de la información a incluir en trípticos reales. Tras el taller, se elaboraron los trípticos con esta información sintetizada (Figura 3).



Figura 3. Actividad de complete de trípticos y el resultado tras el análisis posterior.

### *Dinámica 3. Entrenamiento en toma de datos*

Toda persona hizo ambos ejercicios, tanto de marcaje como de toma de datos. Durante la práctica se detectaron potenciales fuentes de mejora en el diseño de colecta de datos y la importancia de asignar roles para cada tripulación de la embarcación, para que se dividan tareas de manejo del organismos capturado, el marcaje y toma de datos sin perjudicar la calidad de los datos, pero maximizando probabilidad de supervivencia de los peces. Será clave definir si el marcaje lo pueden aprender personas no entrenadas, o si es algo sencillo de practicar y aprender durante el momento de los eventos.



Figura 4. Práctica de marcaje y toma de datos de peces.

### *Evento de pesca científica tipo torneo*

Se capturaron 100 individuos de 42 especies distintas y de diferentes tallas, los cuales todo fueron liberados con vida nuevamente a su ambiente (Cuadro 4). De todos se colectaron datos biométricos y a los pargos se les colocaron marcas

externas y también datos de hábitats asociados (Figura 5). Un 24% de las capturas correspondió a pargos.

Cuadro 4. Resumen de datos de capturas durante el 1º Torneo de Pesca Científica

Parámetro	Todas las especies	Pargos
Total de individuos capturados	100	24
Total de especies capturadas	42	4
Rango de tallas de pargos capturados	15-120 cm	17-43 cm

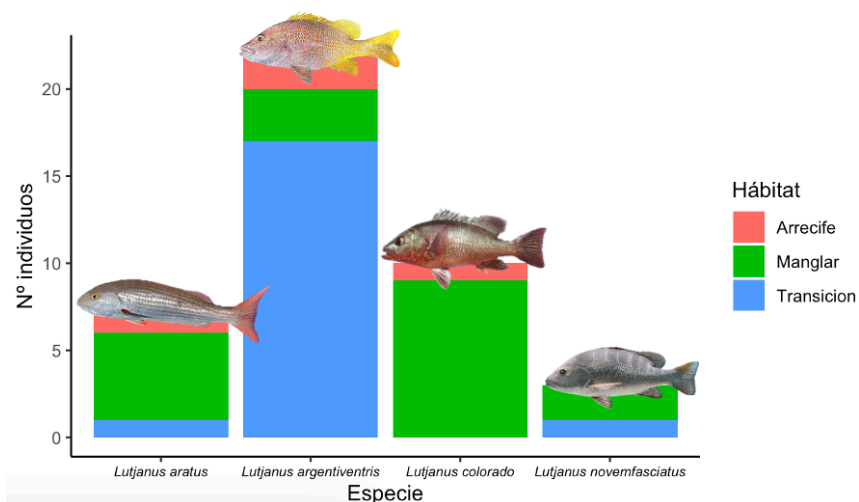


Figura 5. Distribución de capturas de pargo según tipo de hábitat.

## CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES GENERALES

- El taller se enfocó en los tour operadores que participarían en el primer evento de pesca. Será importante hacer un taller similar para otros sectores pesqueros, como pescar artesanal para su eventual inclusión en el proyecto.
- Tanto durante el taller como en el evento de pesca, se identificaron potenciales mejoras para fortalecer la rigurosidad científica. Con base en esto, se elaboró un manual de toma de datos y manejo de peces que se compartió en digital a los miembros participantes.

- El entrenamiento fue efectivo y las reglas igual, esto se observó en la calidad de la información recopilada, en que no murió ningún pez y además en los resultados positivos de las evaluaciones de la actividad.
- Los resultados de capturas coinciden con previos y estudios y monitoreos dentro de la bahía, que sugieren la relevancia de la bahía para las poblaciones de peces de valor comercial. Asimismo, se observa que la técnica de pesca deportiva, captura una amplia diversidad de especie y un rango variable de tallas, reforzando la utilidad de esta técnica complementaria de monitoreo.
- Al finalizar el evento, múltiples participantes mencionaron que querían que CC-Mar tuviera redes sociales para dar visibilidad a las múltiples personas, empresas e instituciones participantes. Esta idea además aportaba al beneficio esperado de esta iniciativa relacionado a generar educación ambiental y concientización en la comunidad.
- El hecho de que asistieron turistas que pagaron por la experiencia, se observó que es viable que sea financieramente sostenible este tipo de evento. No obstante, se requiere de dar más proyección y coordinación institucional para potencialmente conseguir más de esta audiencia, ya que la convocatoria fue difícil puesto que muchas personas pescadoras quieren ir a tours solamente si se pueden quedar con algunas de las capturas.

## MATERIAL SUPLEMENTARIO

MATERIAL SUPLEMENTARIO 1. Evidencias de participación durante el taller 2.



MATERIAL SUPLEMENTARIO 2. Evidencia de participación durante el evento tipo torneo.



MATERIAL SUPLEMENTARIO 3. Hojas de observación participante del torneo.

Guía de observación no participante	
I Torneo de Pesca Deportiva Científica - CC-Mar	
Nombre observador(a): <u>Jesús Vargas</u>	Fecha y Hora: <u>2 de Oct 13:01</u> Sitio: <u>51E</u>
<b>Área de observación</b>	Observaciones
<b>Contexto físico</b> - ¿Qué más está sucediendo? - ¿Cómo está el clima? - ¿Comodidad en embarcación?	Horas extra, fraguila al mar. Seis embarcaciones del proyecto.
<b>Contexto social</b> - ¿Quiénes son? ¿Qué relación existe entre participantes?	Forma, materializado por proyecto.
<b>Conversación</b> - ¿De qué hablaron? ¿Quién? - Entre quienes interactuaron - Temas en común	Principales reglas, muy detalladas por experiencia.
<b>Ánimo en general</b> - ¿Qué ánimos? ¿Quién? - ¿Cómo se transmitieron esos ánimos?	Comunicación por radio, mucha actividad en embarcaciones.
<b>Interés en aspecto científico</b> - ¿Preguntaron? ¿Qué? ¿Quién? - ¿Iniciativa de hacer y hacer preguntas?	Interacción entre embarcaciones, preguntas de los participantes.
<b>Rigurosidad reglas y protocolos de CC-Mar</b> - ¿Qué se hizo? ¿Quién? - ¿Qué obstáculos para cumplirlos (materiales, claridad objetivos, actitud, contexto, etc)?	Confianza de ser un método de fraguila y que se hizo mejor tener un clima más con agua.
<b>Otros Comportamientos/ Otras observaciones</b> - ¿Qué? ¿Quién?	Capitales también por la noche.

## Anexo 4. Memorias taller 3 y evento de monitoreo piloto 2.

### Taller 3

#### Asumiendo responsabilidades en el monitoreo participativo de peces.

Fecha: 11 y 12 marzo 2022

Lugares: Restaurante Arrecife, Cuajiniquil y AMM-BSE.

Personas facilitadoras:

- Mario Espinoza, PhD (Biólogo, profesor e investigador CIMAR, UCR)
- Lucía Vargas Araya (Bióloga y estudiante Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GIACT), CIMAR, UCR)
- Jorge Valerio (Biólogo e investigador CIMAR, UCR)
- Sofía Garro (Estudiante de Biología, UCR)
- Nathalie Goebel (Bióloga y estudiante, GIACT-CIMAR, UCR)
- Verónica Valverde (Bióloga y estudiante Maestría en Biología, UCR)

### OBJETIVOS

1. Reforzar los principios básicos de la ciencia ciudadana y la importancia del proyecto de los pargos para el estudio de su comportamiento espacial
2. Capacitar a las personas participantes del marcaje y liberación de parques en Bahía Santa Elena en el marcaje de peces con marcas externas y la toma de datos.
3. Identificar de manera participativa actores de la comunidad que podrían cumplir con responsabilidades y roles necesarios en un monitoreo de pargos en Bahía Santa Elena.

### CONTEXTO

Una reciente investigación de tesis de maestría del CIMAR se centra el estudio de la ecología espacial de pargos en el AMM-BSE. El objetivo general es cuantificar los patrones de residencia, movimiento y uso del hábitat de varias especies de pargo

(Lutjanidae) dentro de la bahía utilizando telemetría acústica pasiva y monitoreo basado en ciencia ciudadana con la participación de pescadores locales con la técnica de captura-liberación.

El componente que incorpora ciencia ciudadana pretende, aparte de generar información ecológica relevante, consolidar un grupo comunitario local organizado y capacitado para aportar a la investigación y protección marina de la región.

El proyecto de investigación incorpora las siguientes actividades:

- Talleres participativos y de capacitación
- Eventos tipo torneo de pesca científica
- Análisis de datos de las capturas obtenidas durante dichos eventos.
- Elaboración participativa de una propuesta de protocolo de monitoreo de peces en AMM BSE.

Ya se han llevado a cabo varias de estas actividades desde el inicio de la iniciativa en abril 2021 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Actividades pasadas del proyecto.

Actividad	Tema	Participación
<b>Taller 1</b>	Propuesta de ciencia ciudadana para monitorear peces.	29 personas
<b>Taller 2</b>	Creación del grupo CC-MAR y primer evento participativo de pesca científica.	Taller: 19 personas Evento: 26 personas

Con base en la información recopilada durante los dos primeros talleres, se diseñó el presente tercer taller.

## MÉTODOS

El taller tuvo un componente de capacitación y se complementó con dinámicas de trabajo (Cuadro 1). Se dividió en dos días, (1) taller participativo, y (2) segundo evento de pesca bajo enfoque de ciencia ciudadana. La convocatoria La convocatoria se enfocó en personas anteriormente participantes para que sean parte del proceso de talleres, sin embargo, se invitó a otras personas sugeridas por participantes anteriores.

Cuadro 2. Agenda del Taller 3 y Evento de pesca científica grupal 2.

<b>DÍA 1 – TALLER #3</b>	
<b>1. La historia y protocolos de CC-Mar</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HORA</b>
Registro participantes	4:30
Charla: Bienvenida y repaso de CC-Mar y del monitoreo de pargos	5:00 – 5:20
Charla: Protocolos y tareas en CC-Mar y monitoreo de peces	5:20 – 5:30
Dinámica 1: Asumiendo responsabilidades en CC-Mar	5:30 – 6:20
Dinámica 2: Protocolos para integrar nuevas personas	6.20 – 6:45
<b>2. Preparación para 2º Torneo de pesca científica</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HORA</b>
Repaso logística y reglas de CC-Mar	7:20 – 7:30
Resumen del taller	7:30 – 7:40
Dinámica 3: Práctica marcaje peces y toma de datos (nuevas personas)	7:40 – 8:00
<b>DÍA 2 – SEGUNDO TORNEO PESCA CIENCIA CIUDADANA</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HORA</b>

Encuentro en Bahía Santa Elena	6:30 – 6:45
Sesión de pesca	6:45 – 1:45
Receso almuerzo y recopilación de datos en Playa Sortija	1:00 – 2:00
Premiaciones y cierre de actividad en Playa Sortija	2:00 – 2:30

Día 1 - Taller: El taller se enfocó recapitular el trabajo realizado durante los talleres anteriores y los protocolos de los eventos de pesca. Esta vez extendió este repaso ya que había varias personas nuevas y porque además se mostró el alcance que ha tenido CC-MAR a pesar de ser una plataforma tan nueva. La presentación mostró espacios donde ha dado a conocer públicamente los esfuerzos de CC-MAR y el alcance logrado en las redes sociales. También se reconoció el esfuerzo que hicieron tour operadores por aplicar sus conocimientos adquiridos durante tours independientes con clientela. Luego, se hicieron 2 dinámicas grupales (Cuadro 3), la última fue una repetición del marcaje y toma de datos opciones para anteriores participantes y obligatoria para nuevas personas participantes, esta no incluye en el cuadro 3. Esta dinámica tardó más ya que requería un análisis cuidadoso por parte de cada subgrupo de trabajo. Finalmente, se entregaron los trípticos elaborados e impresos basados en una de las actividades del taller anterior (Anexo 1)

Cuadro 3. Descripción de las dinámicas grupales

Actividad	Objetivo	Descripción
Actividad 1: Asignación de roles del monitoreo de peces	Asignar actores/sectores responsables de roles en el protocolo de monitoreo de pargos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se presentó la importancia de tener protocolos en los monitoreos y cuáles son sus componentes, incluidos las tareas y las partes responsables de cada una.</li> <li>2. Se presentó una matriz de tareas separadas por "antes", "durante" y "después" de un torneo. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Antes: convocar, preparar materiales, capacitación nuevas personas, divulgación, patrocinios.</li> <li>- Durante: moderar los torneos, roles en bote (introducción, marcaje, anotar datos, tomar fotos), asignar premios</li> <li>- Después: Recopilar datos colectados, ingresarlos a computadora, divulgación en redes, análisis de datos</li> </ul> </li> </ol>

	<p>Se le dará una de estas matrices a cada subgrupo y biólogo les ayudará a completarlo.</p> <p>3. Cada subgrupo discutió y seleccionó qué actores deben asociarse con las diferentes tareas. De previo se asignaron algunos responsables NO negociables (como quién analiza los datos).</p> <p>4. Al final se discutieron las respuesta de cada subgrupo y se consolidó una sola matriz tomando en cuenta todas las respuestas, pero primero se analizó grupalmente cada respuesta para asegurarse que hubiera lógica en estas según la capacidad/potestad/voluntad de cada sector o actor mencionado.</p> <p>5. Para cerrar preguntó si creían que faltara algún otro rol por agregar.</p>
--	--

Día 2 – Evento de pesca: Los métodos implementados se basaron en el diseño metodológico propuesto para el monitoreo de peces en AMM-BSE con pesca deportiva. Se repitió la dinámica de pesca y toma de datos que en el taller 2. Nuevamente, fue una persona entrenada para supervisar a bordo de cada embarcación. Estas personas nuevamente hicieron observaciones cualitativas de las actitudes y comportamientos de la tripulación y cada participante completó un formulario de evaluación al final de la actividad igual que en el taller 2. El evento terminó con un almuerzo y premiaciones al final.

## RESULTADOS

### Asistencia

Al día 1 del taller asistieron **21 personas** representantes de múltiples sectores de la comunidad y el día 2, día del evento de pesca, participaron **5 embarcaciones con un total de 31 personas** (Cuadro 4, Anexos 2 y 3). Se convocó principalmente a participantes del primer taller (principalmente tour operadores) y se les sugirió convocar a clientes aficionados de la pesca deportiva con interés en participar de un evento de este tipo, durante el que todas las capturas debían ser liberadas. Además, dos de las embarcaciones fueron dedicadas a participantes de la comunidad que representan sectores clave, con niveles variados de conocimiento

en pesca deportiva. Además, se invitó a biólogos voluntarios del CIMAR como asistentes voluntarios de la actividad.

Cuadro 4. Clasificación por sector de los actores participantes del taller.

Sector de la comunidad	Representantes
Empresarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tour operadores marinos locales</li> <li>- Agencias de turismo</li> <li>- Tienda de pesca</li> </ul>
Organismos públicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ACG – COLAC</li> <li>- Municipalidad</li> </ul>
Organizaciones comunitarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CETUR</li> <li>- Aso. Tour Operadores Marinos</li> <li>- CTC La Cruz</li> </ul>
Miembros comunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pescadores</li> <li>- Otros individuos</li> <li>- Turistas</li> </ul>
Academia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UCR – CIMAR</li> <li>- UNA - LEMACO</li> </ul>

## Resultados dinámicas

### *Dinámica 1. Tareas y responsables*

Cada grupo mencionó grupos, organizaciones o instituciones específicas para cada actividad. En algunos casos, no especificaron, sino que describieron el perfil de una potencial persona o agrupación que podrían cumplir la actividad (Figura 1). En todos los casos, escribieron más de un actor para cada actividad y en todos sugirieron tanto actores líderes de la actividad como actores de apoyo para las mismas. Finalmente se llegó a un consenso. Sin embargo, esta matriz debe analizarse con base en validez científica, institucional y normativa.

The image shows three handwritten tables, each representing a phase of an activity: 'Antes' (Before), 'Durante' (During), and 'Después' (After). Each table has three columns: 'Actividades' (Activities), '¿Quiénes pueden hacerlas?' (Who can do them?), and 'Colaboración de' (Collaboration of). The 'Antes' table lists activities like 'Asociación de operadores' and 'Planificación'. The 'Durante' table lists 'Pesca y operación' and 'Mediación'. The 'Después' table lists 'Análisis de resultados' and 'Divulgación'. The tables are filled with handwritten notes and names of participants or organizations.

Figura 1. Respuestas de cada subgrupo

The image shows two handwritten matrices of responsibilities. The first matrix is for the 'Antes' phase and lists activities: 1. Convocar, 2. Preparar materiales, and 3. Capacitar a nuevas personas. The second matrix is for the 'Después' phase and lists activities: 1. Pasar datos a computadora, 2. Analizar resultados, 3. Divulgar los resultados científicos, 4. Divulgar avances y aprendizajes a las comunidades, and 5. Divulgar en redes sociales. Each activity is mapped to specific responsible parties and their collaboration.

Actividades	¿Quiénes lo hacen?	Colaboración de:
1 Convocar	Comité con líderes de diferentes sectores (pesca + tour operadores)	Personas comunes rurales Municipales Asociaciones
2 Preparar materiales	comité Organización Instituciones	ONGs, Asociaciones Locales, Fondos
3 Capacitar a nuevas personas	comité personas capacitadas en CC-Max - investigadores - ACG	Universidad

Actividades	¿Quiénes lo hace?	Colaboración de:
1 Pasar datos a computadora	Persona acceso campo ETC - Voluntarios CC-Max capacitados	Biólogos ETC
2 Analizar resultados	Investigadoras	
3 Divulgar los resultados científicos	Investigadores	
4 Divulgar avances y aprendizajes a las comunidades	CC-Max comunidad local Tour operadores Personas científicas comunicativas Personas articuladoras (Pescadores)	Investi Líderes asociadas
5 Divulgar en redes sociales		"

Figura 2. Matriz final elaborada en consenso para las actividades “antes”, “durante” y “después”.

### *Evento de pesca científica tipo torneo*

Se capturaron 85 individuos de 29 especies distintas y de diferentes tallas, los cuales todo fueron liberados con vida nuevamente a su ambiente (Cuadro 4). De todos se colectaron datos biométricos y a los pargos se les colocaron marcas externas y también datos de hábitats asociados (Figura 5). Un ~50% de las capturas correspondió a pargos.

Cuadro 4. Resumen de datos de capturas durante el 2º Torneo de Pesca Científica

Parámetro	2º Evento
Número embarcaciones	5
Número personas pescando	27
Tiempo efectivo de pesca	5 h
Número total capturas	85
Número de pargos	43
Número Especies capturadas	29
Número especies de pargos	4
Rango tallas pargos	17.2-46cm

## CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES GENERALES

- Se identificó proactividad de los sectores y actores ya participantes para la eventual aplicación del protocolo de monitoreo. Más aún, las participantes sugirieron nuevas instituciones u organizaciones que podrían involucrarse, lo cual será tomado en cuenta para los próximos talleres, ya que son relevantes.

- Participantes repitentes ya muestran dominio en la dinámica de los eventos de pesca, su logística y metodología. Los métodos parecieran ser sencillos y claros ya que las nuevas personas los aprenden rápido. No obstante, será clave eventualmente evaluar de manera más sistemática su aprendizaje y retención.
- Nuevamente los datos señalan utilidad de la técnica implementada en campo para monitorear peces y la relevancia de la bahía para los pargos.
- 

## MATERIAL SUPLEMENTARIO

MATERIAL SUPLEMENTARIO 2. Evidencias de participación durante el taller 2.



MATERIAL SUPLEMENTARIO 3. Evidencia de participación durante el evento tipo torneo.





### MATERIAL SUPLEMENTARIO 4. Hojas de observación participante

Hoja de observación participante

Nombre del participante: <i>Alfonso López</i>	Fecha: <i>12/05/2018</i>
Ubicación: <i>Alfonso López</i>	Horario: <i>10:00 - 12:00</i>
Descripción de la actividad:	<i>Se observó la recolección de residuos sólidos en un punto de recolección informal. Los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal.</i>
Observaciones:	<i>Se observó que los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal. Los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal.</i>
Conclusiones:	<i>Se observó que los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal. Los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal.</i>
Recomendaciones:	<i>Se recomienda que los residuos se recolecten en bolsas de plástico y se lleven a un punto de recolección informal. Los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal.</i>

Hoja de observación participante

Nombre del participante: <i>Alfonso López</i>	Fecha: <i>12/05/2018</i>
Ubicación: <i>Alfonso López</i>	Horario: <i>10:00 - 12:00</i>
Descripción de la actividad:	<i>Se observó la recolección de residuos sólidos en un punto de recolección informal. Los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal.</i>
Observaciones:	<i>Se observó que los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal. Los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal.</i>
Conclusiones:	<i>Se observó que los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal. Los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal.</i>
Recomendaciones:	<i>Se recomienda que los residuos se recolecten en bolsas de plástico y se lleven a un punto de recolección informal. Los residuos se recolectan en bolsas de plástico y se llevan a un punto de recolección informal.</i>

Guía de observación no participante	
2º Torneo de Pesca Deportiva Científica – CC-Mar	
Nombre observador(a): <u>LU VARGAS</u>	Fecha y Hora: <u>19 agosto 2022</u>
Sitio: <u>ESE</u>	
Área de observación	Observaciones
<b>Contexto físico</b> - ¿Qué más está sucediendo? - ¿Cómo está el clima? - ¿Comodidad en embarcación?	Ubicación de la zona de pesca Espacio para la pesquería, varias "pico cañas", una barca
<b>Contexto social</b> - ¿Quiénes son? ¿Qué relación existe entre participantes?	gente y algunos chicos, hablan (mujeres) y "Chicas" (hoy) Somos amigos
<b>Conversación</b> - ¿De qué hablaron? ¿Quién? - Entre quiénes interactuaron - Temas en común	esta vez, un momento de pesca, formación, preguntas
<b>Ánimo en general</b> - ¿Qué ánimos? ¿Quién? - ¿Cómo se transmitieron esos ánimos?	Normal ánimo, ánimo de seguir pescando
<b>Interés en aspecto científico</b> - ¿Preguntaron? ¿Qué? ¿Quién? - ¿Iniciativa de anotar y marcar pargos?	- como marcar solo un pez, y que cómo llevarlos a la tierra y - preguntar que si se dijo a alguien más - iniciativa de anotar
<b>Rigurosidad reglas y protocolos de CC-Mar</b> - ¿Qué sí o qué no? ¿Quién? - ¿Qué obstáculos para cumplirlos (materiales, claridad objetivos, actitud, contexto, etc)?	Entre otros, que los pargos de pargo sean los, más fácil de marcar y más fácil de contar de que otros peces
<b>Otros Comportamientos/ Otras observaciones</b> - ¿Qué? ¿Quién?	Comportamientos dispuestos a enseñar a los demás cómo pescar y sobre el equipo Preguntas a pescar de qué salió poco

## Anexo 5. Memorias taller 4 y evento de monitoreo piloto 3.

### Taller 4

#### Asumiendo responsabilidades en el monitoreo participativo de peces.

Fecha: 19 y 20 agosto 2022

Lugares: Restaurante Arrecife, Cuajiniquil y AMM-BSE.

Personas facilitadoras:

- Mario Espinoza, PhD (Biólogo, profesor e investigador CIMAR, UCR)
- Lucía Vargas Araya (Bióloga y estudiante Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GIACT), CIMAR, UCR)
- Paola Díaz (Bióloga y estudiante, GIACT-CIMAR, UCR)
- Lissy Ruiz (Estudiante turismo ecológico, UCR-Liberia)
- Aren Ampí (Estudiante universitaria Derecho Ambiental, U San José)

### OBJETIVOS

1. Presentar resultados de los datos de pargos colectados durante eventos participativos de captura-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena (AMM-BSE).

2. Presentar y discutir grupalmente una propuesta de monitoreo pesquero en AMM-BSE.
3. Presentar la iniciativa Ciencia Ciudadana Marina Santa Elena (CC-MAR) y potenciales proyectos futuros asociados a CC-MAR.

## CONTEXTO

Una reciente investigación de tesis de maestría del CIMAR se centra el estudio de la ecología espacial de pargos en el AMM-BSE. El objetivo general es cuantificar los patrones de residencia, movimiento y uso del hábitat de varias especies de pargo (*Lutjanidae*) dentro de la bahía utilizando telemetría acústica pasiva y monitoreo basado en ciencia ciudadana con la participación de pescadores locales con la técnica de captura-liberación.

El componente que incorpora ciencia ciudadana pretende, aparte de generar información ecológica relevante, consolidar un grupo comunitario local organizado y capacitado para aportar a la investigación y protección marina de la región.

El proyecto de investigación incorpora las siguientes actividades:

- Talleres participativos y de capacitación
- Eventos tipo torneo de pesca científica
- Análisis de datos de las capturas obtenidas durante dichos eventos.
- Elaboración participativa de una propuesta de protocolo de monitoreo de peces en AMM BSE.

Ya se han llevado a cabo varias de estas actividades desde el inicio de la iniciativa en abril 2021 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Actividades pasadas del proyecto.

Actividad	Tema	Participación
-----------	------	---------------

<b>Taller 1</b>	Propuesta de ciencia ciudadana para monitorear peces.	29 personas
<b>Taller 2 y evento pesca 1</b>	Creación del grupo CC-MAR y primer evento participativo de pesca científica.	Taller: 19 personas Evento: 26 personas
<b>Taller 3 y evento pesca 2</b>	Asignación de roles para el protocolo de monitoreo de peces.	Taller: 29 personas Evento: 27 personas

Con base en la información recopilada durante los primeros tres talleres, se diseñó el presente cuarto taller.

## MÉTODOS

El taller tuvo un componente de capacitación y se complementó con dinámicas de trabajo grupal (Cuadro 1). Se dividió en dos días, (1) taller participativo, y (2) tercer evento de pesca bajo enfoque de ciencia ciudadana. La convocatoria se enfocó en personas anteriormente participantes y otras nuevas personas sugeridas por participantes anteriores.

Cuadro 2. Agenda del Taller 4 y evento de pesca científica grupal 3.

<b>DÍA 1 – TALLER #4</b>	
<b>1. La historia del proyecto de pargos</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HORA</b>
Bienvenida y ronda de presentaciones.	4:30 – 4:50
Charla: Historia del proyecto participativo de pargos y resultados preliminares.	4:50 – 5:15
Dinámica 1: Revisión y discusión de la propuesta de protocolo de monitoreo de peces bajo enfoque de ciencia ciudadana.	5:15 – 6:30
<b>2. El potencial de CC-MAR</b>	
Charla: CC-Mar plataforma de ciencia ciudadana con gran potencial, presentación y propuesta de nuevo proyecto de investigación.	6:40 – 7:00

<b>DÍA 2 – TERCER EVENTO DE PESCA CIENTÍFICA</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HORA</b>
Encuentro en Bahía Santa Elena	6:30 – 6:40
Sesión de pesca (1.5 horas por zona, 4 zonas = aprox. 6 horas pesca)	6:45 – 1:00
Receso y conteos de las captura.	1:00 – 2:30

Día 1 - Taller: El taller se enfocó recapitular el trabajo realizado durante los talleres anteriores con mayor detalle y presentar resultados de los datos recopilados durante los dos eventos de pesca anteriores. También se mostró el alcance que ha tenido CC-MAR en términos de visibilización, se comentó a los participantes que ya varias personas investigadoras y de organizaciones de incidencia política han contactado a CC-MAR para convocarle a participar de varias actividades ya que ven potencial en el proyecto y podrían usar apoyo de las personas de CC-MAR para sus investigaciones. También se reconoció el esfuerzo que hicieron tour operadores por aplicar sus conocimientos adquiridos durante tours independientes con clientela marcando peces y tomando los datos correspondientes. Más aún se reconoció a las personas miembro de CC-MAR que esta vez co-organizaron la actividad junto con las personas investigadoras del CIMAR.

La única y principal dinámica grupal (Cuadro 3) consistió en la revisión y validación en un borrador del protocolo: revisión de cada objetivo, cada tarea y sus responsables asociados. Estos objetivos, tareas y responsables se redactaron con base en las respuestas de las personas participantes durante los tres talleres anteriores. Sin embargo, se afinó tomando en cuenta algunos puntos no negociables por normativas o rigurosidad científica.

Cuadro 3. Descripción de las dinámicas grupales.

<b>Actividad</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Descripción</b>
------------------	-----------------	--------------------

<p>Actividad 1: Validación grupal del protocolo.</p>	<p>Revisión de las secciones del protocolo y su validación.</p>	<p>3. Se repasó la importancia de tener protocolos en los monitoreos y cuáles son sus componentes, incluidos las tareas y las partes responsables de cada una.</p> <p>4. Se presentó un protocolo ya “final” con tres secciones: objetivos, acciones y responsables (Anexo 1). En subgrupos según el sector o institución al que representarían, debieron revisar cada uno de estos y decidir y emitir un criterio para cada componente marcando con un adhesivo de diferente color según el criterio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rojo: Total desacuerdo</li> <li>- Amarillo: De acuerdo, pero con modificaciones</li> <li>- Verde: Totalmente de acuerdo.</li> </ul> <p>Cuando era amarillo o rojo, debían escribir la justificación o cambio sugerido.</p> <p>3. Al final, se revisó con todo el grupo en plenario cada sección y se discutió aquellos donde hubo discrepancia y se aplicaron cambios hasta obtener un consenso grupal.</p>
--	---	---

Día 2 – Evento de pesca: Los métodos implementados se basaron en el diseño metodológico propuesto para el monitoreo de peces en AMM-BSE con pesca deportiva. Se repitió la dinámica de pesca y toma de datos que en el taller 2 y 3. Nuevamente, fue una persona entrenada para supervisar a bordo de cada embarcación quienes otra vez hicieron observaciones cualitativas de las actitudes y comportamientos de la tripulación y cada participante completó un formulario de evaluación al final de la actividad igual que en el taller 2 y 3. El evento terminó con un almuerzo y premiaciones al final.

La organización del evento fue distinta, ya que esta vez se creó un comité organizador con participación de personas voluntarias de CC-MAR. El comité decidió probar un nuevo método de convocatoria, implementando un formulario de inscripción y una estandarización de cuotas de participación que fuera cobrada de igual monto por cada embarcación/tour operador participante. Además, se establecieron diferentes paquetes, cada uno con diferentes cuotas, tomando en cuenta si se quería pagar el tour con almuerzo o sin almuerzo.

## RESULTADOS

### Asistencia

Al día 1 del taller asistieron **21 personas** representantes de múltiples sectores de la comunidad y el día 2, día del evento de pesca, participaron **5 embarcaciones con un total de 31 personas** (Cuadro 4, Anexos 2 y 3). Se convocó principalmente a participantes del primer taller (principalmente tour operadores) y se les sugirió convocar a clientes aficionados de la pesca deportiva con interés en participar de un evento de este tipo, durante el que todas las capturas debían ser liberadas. Además, dos de las embarcaciones fueron dedicadas a participantes de la comunidad que representan sectores clave, con niveles variados de conocimiento en pesca deportiva. Además, se invitó a biólogos voluntarios del CIMAR como asistentes voluntarios de la actividad. Varias personas asistentes llevaron a familiares a escuchar la actividad, incluidos niños y niñas.

Cuadro 4. Clasificación por sector de los actores participantes del taller.

Sector de la comunidad	Representantes
Empresarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tour operadores marinos locales</li> <li>- Agencias de turismo</li> <li>- Tienda de pesca</li> </ul>
Organismos públicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ACG</li> <li>- Municipalidad</li> <li>- INCOPECA</li> <li>- Servicio Nacional de Guardacostas</li> </ul>
Organizaciones comunitarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CETUR</li> <li>- Aso. Tour Operadores Marinos</li> <li>- CTC La Cruz</li> <li>- Municipalidad de La Cruz</li> </ul>
Miembros comunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pescadores</li> <li>- Otros individuos</li> <li>- Turistas</li> </ul>
Academia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UCR – CIMAR</li> <li>- UNA – LEMACO</li> <li>- UCR - Liberia</li> </ul>

## Resultados dinámicas

### Dinámica 1. Validación grupal del protocolo

El grupo se dividió en un total de 5 subgrupos considerando la afinidad de los sectores u objetivos institucionales al que correspondían:

- INCOPECA
- ACG y Guardacostas
- Academia
- Tour operadores
- ONGs y líderes(as) de la comunidad

Esto se hizo así ya que es relevante identificar quién emite los criterios ya que, por ejemplo, aunque la mayoría de los grupos estuvieran de acuerdo, si las autoridades emiten otros criterios con base en legislación o normativas, esto debe tomarse en cuenta para la validación final.

Los objetivos fueron aprobados con cambios. En la sección de actividades (Figura 1), 12 de 13 quedaron amarillo. Pero se tomó nota de los comentarios de los grupos para aplicar los cambios debidos al momento de elaborar el protocolo final. La única actividad donde por consenso se obtuvo criterio verde la escritura de datos.

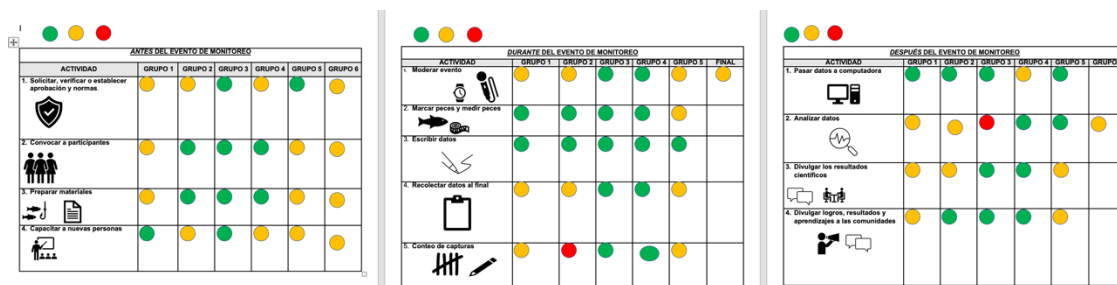


Figura 1. Criterios de validación de cada elemento del protocolo de la sección de tareas y sus responsables.

Está pendiente escuchar y transcribir el audio del taller para incorporar todos los comentarios y hacer la elaboración final del protocolo. La versión final debe ser socializada y validada por las personas involucradas, particularmente por las autoridades relevantes.

#### *Evento de pesca científica tipo torneo*

A pesar de contar con una embarcación menos, hubo más personas pescando activamente y los resultados fueron similares a los eventos anteriores. Se capturaron 83 individuos de 26 especies distintas y de diferentes tallas, los cuales todos fueron liberados con vida nuevamente a su ambiente (Cuadro 4). De todos se colectaron datos biométricos y a los pargos se les colocaron marcas externas y también datos de hábitats asociados. Un ~50% de las capturas correspondió a pargos. Esta vez se registró una especie nueva de pargo que no se capturó en los torneos anteriores, el pargo mancha.

Cuadro 4. Resumen de datos de capturas durante el 3º Torneo de Pesca Científica

Parámetro	2º Evento
Número embarcaciones	4
Número personas pescando	23
Tiempo efectivo de pesca	6 h
Número total capturas	83
Número de pargos	37
Número Especies capturadas	26
Número especies de pargos	5
Rango tallas pargos	19-53cm

## CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES GENERALES

- El día del taller hubo más participantes de los que firmaron la lista de asistencia, como niñas, niños y las esposas de algunos participantes. Aunque su participación fue pasiva, es clave y se transforma en oportunidad el que hayan participado.
- La actividad de validación del protocolo es sumamente relevante para el proyecto, ya que le brinda viabilidad este tipo de monitoreo. Se obtuvieron perspectivas necesarias y clave, particularmente de INCOPESCA y el Servicio Nacional de Guardacostas, quienes participaron activamente por primera vez. INCOPESCA había avalado el proyecto al inicio del proyecto, pero su personal no había asistido a los talleres hasta esta vez. Muchos puntos de legalidad e institucionalidad serán incorporados gracias a sus aportes e ideas brindadas durante este taller. Guardacostas fue invitado por sugerencia de los participantes durante el taller anterior. Una lección aprendida es que ellos pudieron haberse incorporado desde el inicio.
- Durante el evento de pesca participó el alcalde de La Cruz, lo cual fue excelente oportunidad de socialización del proyecto y darle visibilidad a CC-MAR para alcanzar e incorporar eventualmente a más personas de las comunidades del cantón. Además, a través de su participación se identificaron áreas de potencial colaboración con el gobierno local para actividades y eventos de educación ambiental marina.
- Nuevamente, los datos colectados durante el evento de pesca fueron muchos y muy valiosos. Se observa un mayor dominio de las personas participantes.
- Todavía persisten espacios de mejora que podrían mejorarse al pulir las metodologías, y aspectos logísticos como la convocatoria. Se sigue considerando vital incluir a más personas del sector de pesca artesanal.

## MATERIAL SUPLEMENTARIO

MATERIAL SUPLEMENTARIO 1. Protocolo “final” para anotaciones por subgrupo

**Objetivo:** Diseñar y desarrollar un modelo prototipo de monitoreo durante eventos participativos en el Área Moravia de Manizales, SIENA durante eventos participativos.

**Definición de los subgrupos:**

Nombre	Composición por integrantes

**Introducción:**

- Grupo selecciona a una persona de su grupo para que sea su voz ante las diferentes acciones de este documento y tener acceso directo al líder de su grupo asignado por los organizadores del evento.
- Se divide en seis los acuerdos o los con los diferentes componentes marcando con verde o con rojo.
- En caso de que tengan comentarios o sugerencias específicas de los diferentes componentes, sugieren en los cuadros de líneas debajo de cada acuerdo.
- Siempre libre de añadir comentarios extra donde los considere necesarios.

**2. PROCEDIMIENTOS:** ¿Qué debe hacerse para que se lleve a cabo el monitoreo participativo durante eventos de ciencia ciudadana?

Una de las actividades **clave** para cumplir los objetivos y los posibles resultados de cualquier evento.

**2.1. ANTES DEL EVENTO DE MONITOREO**

ACTIVIDAD	Responsable	Criterio	Evidencia
<b>1. Crear un comité o comités para establecer prioridades y temas.</b>	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		
<b>2. Definir y acordar los temas de monitoreo.</b>	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		
<b>3. Definir y acordar los temas de monitoreo.</b>	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		
<b>4. Definir y acordar los temas de monitoreo.</b>	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		

**2.2. DURANTE EL EVENTO DE MONITOREO**

ACTIVIDAD	Responsable	Criterio	Evidencia
<b>1. Realizar el monitoreo:</b> - Observar el estado de los recursos. - Registrar los datos. - Registrar los datos. - Registrar los datos.	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		
<b>2. Registrar los datos:</b> - Registrar los datos. - Registrar los datos. - Registrar los datos.	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		
<b>3. Registrar los datos:</b> - Registrar los datos. - Registrar los datos. - Registrar los datos.	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		
<b>4. Registrar los datos:</b> - Registrar los datos. - Registrar los datos. - Registrar los datos.	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		

**2.3. DESPUÉS DEL EVENTO DE MONITOREO**

ACTIVIDAD	Responsable	Criterio	Evidencia
<b>1. Registrar los datos:</b> - Registrar los datos. - Registrar los datos. - Registrar los datos.	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		
<b>2. Registrar los datos:</b> - Registrar los datos. - Registrar los datos. - Registrar los datos.	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		
<b>3. Registrar los datos:</b> - Registrar los datos. - Registrar los datos. - Registrar los datos.	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		
<b>4. Registrar los datos:</b> - Registrar los datos. - Registrar los datos. - Registrar los datos.	Investigadores Organizadores Comunidad ONGs PÚBLICA		

**OTRAS PREGUNTAS**

- ¿Agregaría algo más que no esté contemplado en la versión actual? ¿O hay algo en especial que modificaría?
- ¿Estos objetivos se pueden cumplir con los procedimientos sugeridos?
- ¿Qué les parece lo más complicado de este tipo de evento de monitoreo de peces participativo?

MATERIAL SUPLEMENTARIO 2. Evidencias de participación durante el taller 2.



MATERIAL SUPLEMENTARIO 3. Evidencia de participación durante el evento tipo torneo.



MATERIAL SUPLEMENTARIO 4. Hojas de observación participante (incompletas, faltó una de un facilitador que olvidó hacerlo).

**Guía de observación no participante**  
2º Torneo de Pesca Deportiva Científica - CC-Mar

Nombre observador(a): Laura V Fecha y Hora: 20/09/22 / 7:10 a.m. Sitio: BBE

Área de observación	Observaciones
<b>Contexto físico</b> - ¿Qué más está sucediendo? - ¿Cómo está el clima? - ¿Comodidad en embarcación?	Muchos sol, agua tranquila muchos pescadores distribuidos alrededor
<b>Contexto social</b> - ¿Quiénes son? ¿Qué relación existe entre participantes?	2 VC / Facilitador, Estacion Compartidos de Facebook
<b>Conversación</b> - ¿De qué hablaron? ¿Quién? - Entre quienes interactuaron - Temas en común	Entre miembros de la zona, miembros, algunos por no estar bien de la vida Entre todo mundo, cupo es el más referido. El otro por falta de cupo un poco más. También referido
<b>Ánimo en general</b> - ¿Qué ánimos? ¿Quién? - ¿Cómo se transmitieron esos ánimos?	Relajados, algunos, buen ánimo - compartiendo, motivados a seguir pescando
<b>Interés en aspecto científico</b> - ¿Preguntaron? ¿Qué? ¿Quién? - ¿Iniciativa de anotar y marcar pargos?	preguntan algunos pargos por que importantes mangrucas.
<b>Rigurosidad reglas y protocolos de CC-Mar</b> - ¿Qué sí o qué no? ¿Quién? - ¿Qué obstáculos para cumplirlos (materiales, claridad objetivos, actitud, contexto, etc)?	si, todo
<b>Otros Comportamientos/ Otras observaciones</b> - ¿Qué? ¿Quién?	

**Guía de observación no participante**  
3º Torneo de Pesca Deportiva Científica - CC-Mar

Nombre observador(a): Maria Fecha y Hora: 20/9/2022 Sitio: BBE

Área de observación	Observaciones
<b>Contexto físico</b> - ¿Qué más está sucediendo? - ¿Cómo está el clima? - ¿Comodidad en embarcación?	Siempre en agua Muy tranquilo
<b>Contexto social</b> - ¿Quiénes son? ¿Qué relación existe entre participantes?	varios pescadores, algunos, algunos que son cuando los facilitadores
<b>Conversación</b> - ¿De qué hablaron? ¿Quién? - Entre quienes interactuaron - Temas en común	Facilitador, pescadores, algunos por no estar bien de la vida de más Instituto de Pesca - sea - no tener comodidad en el agua
<b>Ánimo en general</b> - ¿Qué ánimos? ¿Quién? - ¿Cómo se transmitieron esos ánimos?	Buenos ánimos Bueno, con atención y paciencia
<b>Interés en aspecto científico</b> - ¿Preguntaron? ¿Qué? ¿Quién? - ¿Iniciativa de anotar y marcar pargos?	Preguntar del tiempo Preguntar del tiempo - Si relación de ancho, profundidad
<b>Rigurosidad reglas y protocolos de CC-Mar</b> - ¿Qué sí o qué no? ¿Quién? - ¿Qué obstáculos para cumplirlos (materiales, claridad objetivos, actitud, contexto, etc)?	si si, todo
<b>Otros Comportamientos/ Otras observaciones</b> - ¿Qué? ¿Quién?	se relajan al final

**Guía de observación no participante**  
3º Torneo de Pesca Deportiva Científica - CC-Mar

Nombre observador(a): Joselyn Fecha y Hora: 20/09/2022 Sitio: Cajuniquil

Área de observación	Observaciones
<b>Contexto físico</b> - ¿Qué más está sucediendo? - ¿Cómo está el clima? - ¿Comodidad en embarcación?	Clima agradable, bonito ambiente entre los facilitadores, hablando, emoción al sacar más peces
<b>Contexto social</b> - ¿Quiénes son? ¿Qué relación existe entre participantes?	Algunos por no tener relación por lo relación entre ellos, algunos por no tener relación los otros y otros se divide el agua de hablar de los peces, de las técnicas, de diferentes especies y todos tuvieron buena interacción entre sí
<b>Conversación</b> - ¿De qué hablaron? ¿Quién? - Entre quienes interactuaron - Temas en común	
<b>Ánimo en general</b> - ¿Qué ánimos? ¿Quién? - ¿Cómo se transmitieron esos ánimos?	todos ánimos y motivados en participar y en que los demás lo hicieran y pescaran
<b>Interés en aspecto científico</b> - ¿Preguntaron? ¿Qué? ¿Quién? - ¿Iniciativa de anotar y marcar pargos?	La mayoría hizo preguntas al cuando al sacar de los peces, como marcar y marcar No hubo tanta iniciativa
<b>Rigurosidad reglas y protocolos de CC-Mar</b> - ¿Qué sí o qué no? ¿Quién? - ¿Qué obstáculos para cumplirlos (materiales, claridad objetivos, actitud, contexto, etc)?	todo se cumplió, excepto en un momento se pasaron del límite del cuadrante como lo dijeron y realizaron, se marcaron de todo a entusiasmo con los facilitadores que se les daban
<b>Otros Comportamientos/ Otras observaciones</b> - ¿Qué? ¿Quién?	

## Anexo 6. Resumen de resultados de hojas de observación no participante usadas durante los eventos piloto de monitoreo.

Aspecto	Observaciones por considerar
<b>Contexto físico</b>	Aspectos de comodidad pueden influir en el esfuerzo de pesca (calor, falta de hidratación o sombra)
<b>Contexto social</b>	– Las personas externas a la comunidad (turistas) eran frecuentemente personas trabajadoras independientes con flexibilidad de horario. Muchos eran colaboradores de empresas patrocinadoras de la actividad.
<b>Conversación</b>	– Las conversaciones impulsaron intercambios de conocimiento entre sectores y abarcan temas desde anécdotas personales relacionados a pesca has aporte de conocimiento ecológico.
<b>Ánimo general</b>	<p>– Algunas personas se desaniman tras lapsos de tiempo sin capturas. Otros no se detienen por afición y/o competitividad. En algunos botes, tener a pescadores extra fue efectivo para mantener una cantidad constante de pescadores en rotación.</p> <p>– La recreación identificada como un incentivo más de participación.</p>
<b>Interés científico</b>	<p>– Diferentes niveles de interés y de involucramiento en los procedimientos metodológicos.</p> <p>– Hicieron preguntas sobre el monitoreo, los peces, y varios temas ecológicos. Será importante reforzar capacitación y guión de los observadores a bordo.</p> <p>– Cuestionaron las zonas y horas de pesca, lo que da la oportunidad de explicar la relevancia de estandarizar de los métodos y reforzar su cumplimiento.</p> <p>– Los aficionados a la pesca deportiva prefirieron pescar sobre tomar datos, pero igual hicieron preguntas y observaron los procedimientos.</p>
<b>Seguimiento normas</b>	– Los procedimientos y el acompañamiento del observador a bordo fomentaron que las personas tuvieran anuencia a cumplir las normas.

- La delimitación espacial generó confusión en los primeros eventos. En eventos posteriores, ya los capitanes y observadores tenían mayor claridad. Se recomienda crear un mapa virtual al que tengan acceso a los capitanes.
- Para identificar especies que no se logran identificar en campo se deberá tomar fotografías de todas las capturas.

---

**Otros**

- Muchos hablaron repetidamente del potencial turístico de este tipo de monitoreos.
  - La efectividad de las capturas depende mucho de cada capitán y características de la embarcación, se sugiere variabilidad para que no se sesgue el muestreo.
  - Pescadores más experimentados ayudaron a las personas con menos conocimiento de pesca tanto para montar el equipo como técnica de pesca.
-

## Anexo 7. Resumen del resultado de la matriz de validación grupal del prototipo de protocolo.

Sección del protocolo	No. grupos por criterio			Principales sugerencias
	De acuerdo	Cambiar	En desacuerdo	
Objetivos	Objetivo 1	4	1	Dividir en general y específicos. Mantener solo tres objetivos específicos en lugar de cuatro.
	Objetivo 2	4	1	
	Objetivo 3	2	3	
	Objetivo 4	5		
Etapa 1: Antes	1. Solicitar, verificar o establecer aprobación y normas.	3	2	Incluir informar a Guardacostas y a Control y vigilancia marítima del ACG previo a la actividad.
	2. Convocar a participantes	3	2	Oficializar fechas fijas cada año para promover encadenamientos y más rigurosidad científica.
	3. Preparar materiales	3	2	Incluir a la Municipalidad de La Cruz y al ACG para apoyar la preparación de materiales.
	4. Capacitar a nuevas personas	2	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considerar a ONGs ambientales para que capaciten en temas relevantes.</li> <li>- Invitar a funcionarios públicos nuevos con regularidad para que también se capaciten.</li> <li>- Definir temporalidad de las capacitaciones.</li> <li>- Incluir a centros educativos locales en capacitaciones.</li> </ul>

Etapa 2: Antes	1. Moderar evento	2	3		Incluir a representantes institucionales de ACG, INCOPECA, Municipalidad junto con líderes comunitarios y voluntarios. Puede ser más de una persona moderadora.
	2. Marcar peces y medir peces	5			<ul style="list-style-type: none"> <li>– Procurar usar ictiómetros, usar marcas internas tipo "chip".</li> <li>– Consideran que cualquier persona puede hacer marcaje con capacitación y supervisión pues el procedimiento es relativamente sencillo.</li> </ul>
	3. Escribir datos	2	3		
	4. Recolectar datos al final	2	3		
	5. Conteo de capturas	2	2	1	Este proceso debe liderarlo y ejecutarlo el equipo de investigación y/o los observadores a bordo para que sea un ente riguroso y neutral.
Etapa 3: Después	1. Pasar datos a computadora	4	1		Se propone el uso de aplicaciones virtuales en el futuro para ingresar los datos.
	2. Analizar datos	2	2	1	Rol único de los investigadores.
	3. Divulgar los resultados científicos	2	3		Investigadores, ACG e INCOPECA principales encargados. Agregar un paso de verificación de los resultados con ambas instituciones.  Crear un repositorio de datos y establecer normas de acceso y actualización.
	4. Divulgar logros, resultados y	3	1	1	Integrar a la Municipalidad y medios de comunicación locales.



## Anexo 8. Ejemplificación del proceso de codificación en el programa MAXQDA.

The screenshot displays the MAXQDA Plus 2022 interface. The top menu includes options like 'Inicio', 'Importar', 'Códigos', 'Memos', 'Variables', 'Análisis', 'Métodos mixtos', 'Herramientas visuales', 'Informes', and 'MAXDictio'. The main workspace is divided into three panes:

- Sistema de documentos:** A tree view on the left showing a project structure with folders like 'Observación no participante', 'Validación', 'Actores', and 'Grupo 1 Sesión 2' (selected).
- Visor de documento:** The central pane showing the text of 'Grupo 1 Sesión 2' (17 paragraphs). The text includes names like 'Lissy, Minor Lara, Jose Guerrero, Roberto, Nayudel, Isaac' and various activities. A red circle highlights the sentence: 'Transmitir información e importancia a los turistas'. A red arrow points from this text to the code system.
- Sistema de códigos:** A tree view on the bottom left showing a hierarchical code system. The code 'Requiere investigación' (under 'Requerimientos o acciones extra') is highlighted in blue. A red arrow points from this code to the highlighted text in the document viewer.

Red text annotations provide instructions:

- 1. Seleccionar el texto:** Located next to the red circle around the text in the document viewer.
- 2. Arrastrar hacia el código, o los códigos, respectivos:** Located next to the red arrow pointing from the code system to the text.

At the bottom of the interface, there is a search bar: 'Búsqueda sencilla de codificaciones (códigos combinados por 'O')'.

**Anexo 9. Protocolo de monitoreo de peces basado en ciencia ciudadana.  
Propuesta elaborada mediante un proceso participativo de investigación-  
acción.**

Protocolo de monitoreo de peces mediante eventos de ciencia ciudadana de pesca y liberación una propuesta elaborada de un enfoque participativo.

**Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena**

2023

<b>1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMAS .....</b>	<b>4</b>
<b>NORMATIVAS INSTITUCIONALES .....</b>	<b>4</b>
<b>NORMAS CIENTÍFICAS.....</b>	<b>5</b>
<b>NORMAS DE TRABAJO GRUPAL .....</b>	<b>5</b>
<b>4. METODOLOGÍA DEL MONITOREO .....</b>	<b>6</b>
<b>ETAPAS DEL MONITOREO.....</b>	<b>7</b>
<i>Etapa 1 - Planeamiento y coordinación.....</i>	<i>8</i>
<i>Etapa 2 – Implementación del monitoreo .....</i>	<i>9</i>
<i>Etapa 3 – Manejo de los datos y divulgación de resultados.....</i>	<i>15</i>
<b>5. FINANCIAMIENTO .....</b>	<b>19</b>
<b>6. CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>7. REFERENCIAS.....</b>	<b>23</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO 1. LISTADO DE VERIFICACIÓN DE TAREAS ESPECÍFICAS DE LAS TRES ETAPAS .....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO 2. HERRAMIENTA PLANIFICACIÓN TALLERES.....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO 3. HERRAMIENTA PLANIFICACIÓN EVENTOS DE MONITOREO .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 4. HOJAS DE ASISTENCIA.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO 5. HOJAS DE DATOS DE PECES.....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXO 6. HOJAS DE CONTEO CAPTURAS.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO 7. HOJAS DE EVALUACIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO 8. ARCHIVO EXCEL PARA DIGITALIZACIÓN DE DATOS DE LOS MONITOREOS .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO 9. PLANTILLA MEMORIA DE TALLERES Y EVENTO.....</b>	<b>38</b>

## 1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La pesca deportiva con caña, carrete y señuelos artificiales es una técnica efectiva para monitorear especies de peces de interés comercial (Espinoza et al., 2022). Al implementar prácticas adecuadas de captura y liberación, la pesca deportiva permite realizar muestreos no-letales capaces de generar información muy valiosa para el manejo pesquero (Brownscombe et al., 2017; Pinder et al., 2014) particularmente en ambientes estuarinos de baja visibilidad que limitan los monitoreos visuales (Harvey et al., 2013). Esta técnica permite capturar, manipular, tomar mediciones biométricas, marcar y liberar a los peces vivos, generando información valiosa, como indicadores de abundancia, distribución de tallas y biomasa (Espinoza et al., 2022). Más aún, si se dan recapturas de peces marcados, se pueden obtener datos del tamaño de la población, la tasa de crecimiento, e inclusive el grado de dispersión entre los sitios de captura y recaptura. Esta técnica usualmente involucra a tour-operadores y pescadores recreativos en la recolección de datos, brindando incentivos socioeconómicos y promoviendo la sensibilización ambiental (Gibson et al., 2019; Granek, Madin, Brown, Figueira, Cameron, Hogan, Kristianson, de Villiers, et al., 2008; McKinley et al., 2017). Esta sinergia entre autoridades, científicos y pescadores recreativos beneficia a todas las partes involucradas y se puede trabajar bajo enfoques de ciencia ciudadana.

La ciencia ciudadana, que implica la participación de personas voluntarias no científicas en investigaciones coordinadas, se basa en algunos principios básicos que la hacen más efectiva y sostenible como: (i) objetivos claros; (ii) entrenamiento adecuado; (iii) incentivos para la participación sostenida en el tiempo; (iv) devolución constante de resultados; y (v) reconocimiento público del aporte de las personas participantes (Robinson et al., 2018). Estos principios son importantes para mantener la motivación y confianza en el proyecto, y así retener su participación voluntaria (Esteves-Dias et al., 2020). Además de generar datos a una mayor escala espaciotemporal de manera costo-efectiva, los monitoreos mediante ciencia ciudadana tienen el potencial de generar beneficios socioeconómicos para los

participantes y beneficios para la conservación. Por ejemplo, los voluntarios pueden obtener valor agregado, sentido de pertenencia, aprendizaje, entre otros (Gibson et al., 2019; Granek, Madin, Brown, Figueira, Cameron, Hogan, Kristianson, de Villiers, et al., 2008). Además, la participación directa en el muestreo y procesos de capacitación asociados, se dan procesos de sensibilización en temas ambientales.

Así, los esfuerzos de monitoreo participativo del recurso pesquero, y el trabajo bajo enfoque de la ciencia ciudadana, están ganando popularidad para generar información con alta aplicabilidad y fortalecer la conservación y al manejo de los recursos naturales (Fulton et al., 2019). En efecto, el involucramiento de personas usuarias directas de los recursos en la toma de datos y monitoreo se ha convertido en un pilar para la conservación de los recursos naturales, lo cual es respaldado por la institucionalidad ambiental del país y valorado en las Áreas Silvestres Protegidas.

En el AMM-BSE, la pesca deportiva ha demostrado su efectividad en el monitoreo de especies de peces de interés comercial y deportiva (Arias Zumbado, 2021; Espinoza et al., 2022). La participación de empresarios turísticos del sector de pesca deportiva, con su experiencia y equipo, facilitaría la implementación de un monitoreo de pesca-liberación en el área. Además, al participar con turistas que pagan por el tour de pesca, los pescadores obtendrían beneficios económicos del AMM-BSE, incentivándolos a proteger el área y su biodiversidad marina (SINAC, 2017). La integración de la comunidad garantizará un monitoreo más efectivo y fortalecerá las medidas de manejo y conservación a largo plazo (Arias et al., 2016; Watson et al., 2015). Sin embargo, deben establecerse metodologías y mecanismos que permitan la implementación a largo plazo del monitoreo, en términos sociales y financieros.

### **Proceso de elaboración del protocolo**

Este protocolo se basa en un protocolo existente desarrollado por investigadores que incorporaron la pesca deportiva como método de monitoreo en el AMM-BSE

(SINAC, 2020a). Se realizaron modificaciones del protocolo preexistente a través de un proceso participativo (enfoque de investigación-acción, ver Capítulo 3) con actores relevantes según el mapeo de actores realizado para el AMM (García, 2013), así como nuevos actores identificados durante el proceso de investigación-acción. El proceso participativo incluyó talleres y eventos piloto de monitoreo, donde se identificaron elementos importantes para adaptar el protocolo y asegurar su aplicabilidad en eventos de monitoreo participativos grupales. Se consideraron aspectos de viabilidad social, como incentivos de participación y capacidades de las personas voluntarias. Además, se realizaron análisis biológicos de las capturas de los eventos piloto de pesca científica, que demuestran la efectividad del monitoreo de pesca-liberación en grupo con enfoque de ciencia ciudadana (ver Capítulo 2). Los resultados de estos análisis, coinciden con los hallazgos de estudios previos en la bahía con la misma y otras técnicas (Espinoza et al., 2022).

A continuación, se presenta el protocolo propuesto para implementar monitoreos pesqueros en AMM-BSE mediante la técnica de pesca y liberación con enfoque de ciencia ciudadana durante eventos grupales de pesca deportiva científica. Este tiene una visión integrada, que permita que se alcancen principalmente los objetivos científicos, pero también que beneficie a la comunidad participante de voluntarios. El protocolo incluye: objetivos, normativas, metodología, responsables y recomendaciones. Se redactó de manera sencilla y en un lenguaje adecuado al formato oficial del Plan de Manejo o Plan de Aprovechamiento del Recurso Pesquero del SINAC. Se ha procurado que este protocolo sea fácilmente replicable, considerando la diversidad de tareas y actores involucrados en estos procesos.

## **2. OBJETIVOS**

### Objetivo general:

Implementar un monitoreo pesquero con ciencia ciudadana basado en la técnica de pesca-liberación en el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena (AMM-BSE) para

(i) evaluar el estado de los peces, y (ii) generar información que fortalezca el manejo pesquero y la conservación en la región.

### Objetivos específicos

1. Generar datos para estimar indicadores que permitan evaluar el estado de los peces en el AMM-BSE y detectar cambios en respuesta a múltiples factores estresantes como la pesca ilegal, el deterioro del hábitat y el cambio climático mediante la técnica de pesca-liberación con enfoque de ciencia ciudadana.
2. Obtener datos biométricos y espaciales de especies de interés pesquero para estimar parámetros biológicos e indicadores clave que fortalezcan el manejo pesquero de la región.
3. Promover la participación activa de miembros de las comunidades locales en la organización y la implementación del monitoreo.
4. Divulgar los resultados del monitoreo a las comunidades locales y a los participantes del monitoreo, para reconocer su contribución y promover la concientización sobre la conservación en el AMM-BSE.

## **3. NORMAS**

### **Normas institucionales**

Los procedimientos deben llevarse a cabo cumpliendo las normativas institucionales y jurídicas establecidos para el Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena. Como punto de partida, deben tomarse en cuenta las normas establecidas en el Plan de Manejo del AMM-BSE y asegurar que existe una o varias personas con los permisos correspondiente de investigación brindado por las autoridades del Área de Conservación Guanacaste (ACG). Esta(s) persona(s) serán las responsables de guiar y acompañar todo el proceso para velar que se cumplan las normas y procedimientos correctos con alguna persona representante del ACG, como la

persona encargada del AMM. Debe haber notificación de la actividad también a la oficina local de INCOPESCA y Servicio Nacional de Guardacostas.

### **Normas científicas**

- Debe haber una persona **investigadora responsable** en cada evento de monitoreo, para guiar y fiscalizar las actividades dentro del AMM-BSE.
- Debe ir **una persona observadora a bordo** de cada bote que asista al grupo durante el monitoreo (responsabilidades específicas en Sección 4).
- **Registrar toda la información solicitada** rigurosamente en todos los campos de las hojas de datos. Si tienen dudas, deben preguntar.
- Involucrar entre **4 y 7 embarcaciones** para maximizar el esfuerzo de muestreo, pero mantener bajo control el grupo y la dinámica.
- En **caso de mortalidad, entregar la captura a los investigadores** para su preservación y toma de otras muestras o datos biológicos. **Anotar** el evento en la hoja de datos.
- Seguir **rigurosamente la metodología** escrita en este protocolo.

### **Normas de trabajo grupal**

- El monitoreo es un evento científico dentro de un área silvestre protegida, las personas participantes deben respetar rigurosamente las normas institucionales y científicas y a las demás personas participantes. La inclusividad, el respeto, la solidaridad y la comunicación es clave en las diferentes etapas del monitoreo.
- Se reconoce que la pesca deportiva y otros tipos de pesca están prohibidos en ciertas zonas de la bahía según el plan de manejo del AMM-BSE. Durante los eventos de monitoreo se harán excepciones para obtener muestras representativas de los diferentes ambientes de la bahía.

Una vez finalizada la actividad, se suspenderá la pesca en las zonas donde no se puede practicar la pesca deportiva según el Plan de Manejo.

- Durante los eventos se deben implementar y promover prácticas en favor del ambiente y la biodiversidad marina de la región.
- Antes de los monitoreos, los participantes pueden participar voluntariamente en tareas de organización y la búsqueda de mecanismos para viabilizar financieramente los eventos, ya sea mediante aportes económicos o sociales.
- Mantener una actitud amigable y valores de convivencia, fomentando la solidaridad y el respeto con todas las personas y grupos participantes. No se aceptan comportamientos que irrespeten la integridad de las personas participantes.
- Comprometidos con la educación ambiental, los participantes promoverán la transmisión de los mensajes y aprendizajes en favor del ambiente y la ciencia aprendidos en las capacitaciones y los eventos de monitoreo.
- Al divulgar los resultados en medios oficiales, se debe usar el nombre completo del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, y recalcar que se trata de una actividad científica dentro un Área Silvestre Protegida bajo la administración del ACG.

#### **4. METODOLOGÍA DEL MONITOREO**

##### Definición de los eventos de monitoreo:

- Se trabajará como evento *tipo torneo de pesca científica*, para atraer a más participantes, promover que se maximice el esfuerzo de captura y para generar incentivos de participación mediante premiaciones en categorías que promuevan diversidad en las capturas y que refuercen las buenas prácticas.
- *Roles principales para organización y ejecución:*

- Organización principal: Deben establecer fecha, encargarse de la coordinación general, delegar tareas y verificar por su cumplimiento a tiempo. Estará a cargo de: 1) personas investigadoras específicas, 2) persona encargada del AMM-BSE como representante del ACG, 3) persona voluntaria de la comunidad, preferiblemente con habilidades de organización y disposición de tiempo. Las tres figuras deben coordinar para delegar otras tareas más específicas.
- Observadores a bordo: Se asignará una persona por bote. Pueden ser personas biólogas, o voluntarias de la comunidad, organizaciones locales, o del gobierno local, ACG, entrenadas para guiar e informar a la tripulación de su embarcación asignada. Sus funciones son: conocer y fiscalizar el cumplimiento adecuado de los procedimientos, manejar datos en el bote. Asegurar que se tomen fotografías de todas las capturas, o asignar esta tarea a algún voluntario de la tripulación.
- Moderador: Debe(n) guiar al grupo entero dando palabras e instrucciones de inicio y de cierre. Además, debe llevar los tiempos de pesca.
- *Periodicidad de los monitoreos:* El monitoreo durante eventos grupales con pescadores recreativos se implementará dos veces al año para obtener datos representativos de las épocas seca (preferiblemente marzo-abril) y lluviosa (preferible agosto-septiembre). Sin embargo, deben considerarse otras variables ambientales, como las mareas y la fase lunar, al definir las fechas para maximizar el esfuerzo de muestreo. Es deseable que los eventos coincidan en algún momento con la marea alta para muestrear en zonas del AMM-BSE que solo están inundadas durante marea alta.

#### Paquete de herramientas de coordinación y seguimiento:

A continuación, se enlista el paquete de herramientas necesario para planificar e implementar las diferentes etapas del monitoreo.

- 1) Listado de verificación de tareas específicas ([Anexo 1](#))
- 2) Herramienta de planificación de talleres ([Anexo 2](#))
- 3) Herramienta de planificación de eventos de monitoreo ([Anexo 3](#))
- 4) Plantillas de hojas de asistencia ([Anexo 4](#))
- 5) Plantillas de tablas y hojas de datos ([Anexo 5](#))
- 6) Plantillas de conteo de capturas para cierre evento ([Anexo 6](#))
- 7) Encuestas de evaluación de los monitoreos ([Anexo 7](#)).
- 8) Plantilla de archivo Excel para digitalizar datos de monitoreos ([Anexo 8](#))
- 9) Plantilla de memoria de talleres e informe de resumen del evento ([Anexo 9](#))

## Etapas del monitoreo

La metodología para implementar se divide en tres etapas con subtareas (Fig. 1). Estas contemplan acciones a implementar previo, durante y después del monitoreo.

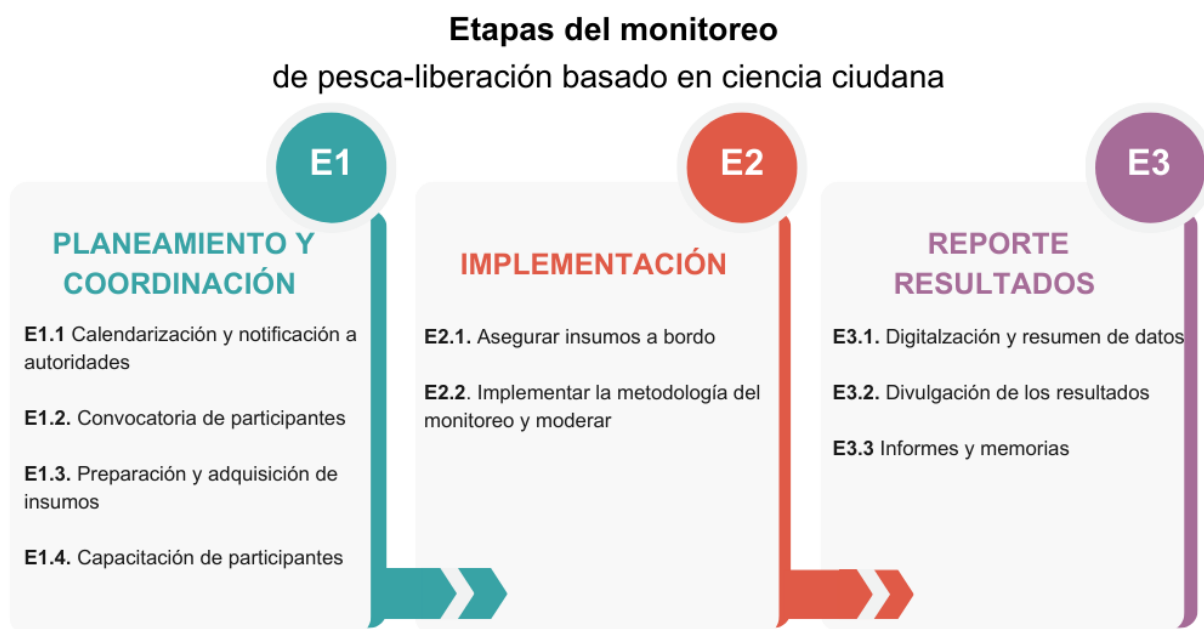


Fig. 1. Diagrama de las etapas y sus principales actividades para el monitoreo de peces mediante pesca-liberación bajo enfoque de ciencia ciudadana.

### Etapa 1 – Planeamiento y coordinación

En esta etapa, se debe asegurar la participación de diferentes instituciones y organizaciones, así como miembros de la comunidad, en: organización, reclutamiento de asistentes, preparación y recaudación de los recursos necesarios.

A) Calendarización y notificación a autoridades

B) Convocatoria de participantes

- a. Convocar a tour operadores
- b. Convocar a turistas y actores comunitarios clave a ser voluntarios en organización y/o a participar directamente del evento.

C) Preparación y adquisición de insumos

- a. Recaudar fondos para cubrir costos de participación de actores clave
- b. Adquirir premios y certificados de reconocimiento de participación
- c. Hacer inventario, adquirir y preparar equipo de medición y toma de datos
- d. Hacer inventario, adquirir y preparar equipo de pesca
- e. De ser necesario, coordinar y costear refrigerios

D) Capacitación de participantes

- a. Actualizar capacitación de monitoreo
- b. Actualizar y divulgar materiales como guías visuales previo al evento
- c. Planear, coordinar y ejecutar las capacitaciones, incluir a actores comunitarios y funcionarios institucionales.

La descripción de cada tarea específica y la distribución de responsables de los diferentes roles de la Etapa 1 se encuentra en Anexo 1. Además, en Anexos se encuentran plantillas de hojas de asistencia, entre otros.

En esta etapa es clave la comunicación y coordinación anticipada entre las instituciones que avalan y organizan la actividad y/o que fungen como autoridades marítimo-ambientales: Universidad de Costa Rica y el Área de Conservación Guanacaste (ACG), INCOPECA, Servicio Nacional de Guardacostas (SNG) según sus respectivas funciones institucionales (Fig. 2) Asimismo, todas estas instituciones están invitadas a enviar a representantes a los monitoreos, capacitaciones y a brindar apoyos financieros, de insumos o logísticos para implementar el monitoreo. Los principales organizadores son el ACG (particularmente la persona encargada del AMM-BSE) y la universidad, quienes calendarizan y coordinan la actividad, además de preparar los informes de resultados y promover su difusión. La universidad brindará acompañamiento técnico-científico en todo el proceso. El ACG comunicará a nivel interno de la institución sobre la actividad, particularmente al equipo de control y vigilancia marina. Del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) es importante que revisen los permisos de navegabilidad de las embarcaciones participantes y que reciban la información sistematizada de los datos colectados para luego brindar retroalimentación y hacer uso de la información. Como depositario de la ley, el SNG es importante que esté informado sobre la actividad dentro del área de manejo, y son invitados a aportar dentro de sus posibilidades dentro de las actividades de responsabilidad social y ambiental de su institución.

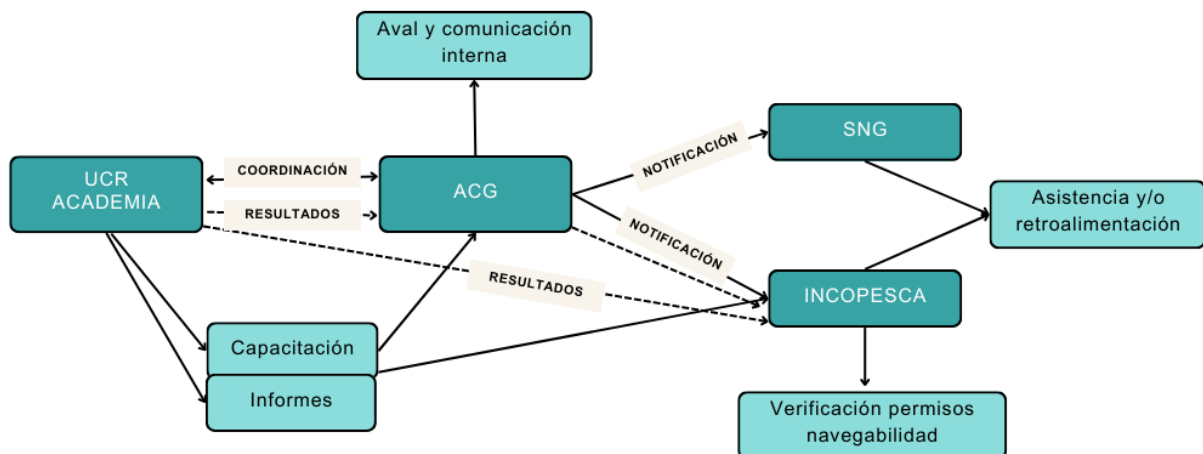


Fig. 2. Diagrama de funciones y flujo de la información entre instituciones relevantes al monitoreo. Flechas punteadas: procesos posteriores al monitoreo.

## **Etapa 2 – Implementación del monitoreo**

Durante el evento de monitoreo se debe asegurar que se implemente el monitoreo con las normas científicas e institucionales que corresponden, y procurando una experiencia segura y positiva para las personas participantes. La descripción de cada tarea específica y los responsables de los diferentes roles de moderación y toma de datos se encuentran en anexos (Anexo 1). A continuación, se describe la metodología de la implementación técnica del monitoreo como tal.

### A) Insumos a bordo

Cada bote debe contar como mínimo con el siguiente equipo:

- 1) Contenedor para agua (cajas plásticas grandes o baldes)
- 2) Ictiómetro y cinta métrica
- 3) Marcas y aplicadores de marcas (marcas “spaghetti” y/o PIT tags)
- 4) Tabla de datos
- 5) Hojas extra de datos
- 6) Lápiz y borrador
- 7) Equipo de pesca
- 8) Al menos un dispositivo para tomar fotografías
- 9) Guantes, pinzas y alicates.
- 10) Red de mano
- 11) Kit de primeros auxilios

Instrucciones de uso del equipo:

- Captura y manipulación de capturas:
  - Se utilizarán cañas de pesca con sus respectivos carretes y señuelos artificiales. Para el AMM-BSE se recomienda usar señuelos de tipo:

superficiales, bajo la línea superficial, pupas y *jigs* y variar su uso durante el evento, ya que son más o menos efectivos para diferentes especies y tipos de ambientes y así se obtendrá más variabilidad en las capturas.

- Para manipular a los peces capturados, se recomienda utilizar pinzas o alicates para remover el señuelo de la boca del animal, un ictiómetro, o cinta métrica si el animal supera la longitud del ictiómetro, para realizar las mediciones de longitud y guantes de pesca para sujetar mejor los individuos. Además, se debe contar con redes de mano y baldes de agua grandes.
- Marcaje de peces:
  - La marca será externa tipo “spaghetti”, en inglés conocidas como *dart-tags*. Estas se colocarán con agujas especializadas para esto. Si es posible, se recomienda además implementar el uso de “PIT tags”.
- Colecta de datos:
  - Cada bote lleva una tabla de datos impresa en material acrílico resistente al agua sobre la que se escribe con lápiz y es reutilizable. En ella están todos los espacios que deben llenarse con datos. Además, cada bote debe llevar hojas extras de papel resistente al agua, con las tablas de datos, ya que, durante eventos de este tipo, pueden haber más capturas de las que caben en la tabla. En todas las hojas extra que se utilicen debe escribirse el nombre de la embarcación y la fecha (Anexo 5).
- Equipo adicional: El investigador o persona responsable de coordinar la aplicación del protocolo debe llevar: el debido permiso científico, hojas para tomar datos de variables ambientales y observaciones adicionales, incluidas las evaluaciones de los participantes, y hojas de resumen de datos. Debe llevar equipo extra para abastecer a los demás en caso de ser necesario, por ejemplo, más marcas, más hojas de datos y caja de herramientas. Además, en el bote de la persona a cargo del evento deben ir las premiaciones, certificados de participación, lapiceros, lápices y tablas para hojas. Una lista más detallada de los insumos requeridos y sus especificaciones está en

Anexos. También debe cargar consigo una hielera con hielo para que, si hubiera algún caso de mortalidad de capturas, preservarla para otros propósitos científicos, como tomas de muestras para otros proyectos existentes, en caso de haberlos.

## B) Metodología de pesca y liberación

### Inicio del evento

- *Zona de pesca:* La faena de pesca se realiza bordeando la línea costera del AMM-BSE y sus alrededores para monitorear la diversidad de microhábitats presentes en el sistema. Para monitorear sistemáticamente, se invertirá el mismo tiempo de pesca en cada una de las zonas definidas de la bahía definidas como: zona interna, zona media y zona externa (Fig. 3).



Fig. 3. Zonificación para el monitoreo de peces en el AMM-BSE.

- *Hora y zona de inicio:* específicos para cada monitoreo según las mareas, definido por los encargados del evento con anticipación. La pesca debe ser de 1:45h a 2h por zona, para un total aproximado de 6h de muestreo. Todos los botes deben respetar las horas de inicio y finales de pesca por zona comunicadas por la persona moderadora del evento. Si al monitoreo eventualmente se añaden más zonas, puede extenderse el tiempo.
- *Moderación en bote:* La persona líder de cada bote, debe introducir a la tripulación al proyecto, sus objetivos, historia y metodología. Además, debe reforzar las normativas y límites del Área Marina de Manejo, atender dudas e incentivarles a colaborar en coleccionar datos. Sin embargo, la principal función de la tripulación es pescar para maximizar el esfuerzo. También, se debe llevar un registro fotográfico de las capturas y la participación.

#### Procesamiento de las capturas y marcaje:


1. *Captura y toma de datos:* Primero, anotar los datos del encabezado de la tabla de datos al inicio del evento (Fig. 4, Fig. 5, Anexo 5). Varias personas pescarán simultáneamente, es importante mantener la comunicación con el capitán para maniobrar y mantener la seguridad. Una vez capturados, los peces deben procesarse rápidamente (1-2 minutos). Primero, retirar el señuelo de la boca del individuo, intentar mantener al pez en el agua y manipularlo con cuidado. Se recomienda usar guantes todo el tiempo para que no se resbale el pez y hacerle menos daño, además de evitar heridas con las espinas. En la hoja de datos se anotará: el sitio y la hora de la captura, nombre de la especie capturada, su longitud total (TL; cm) y longitud de horquilla (LH; cm). La LH se mide solo en especies cuya cola sea totalmente bifurcada como, por ejemplo, jureles. Anotar quién lo capturó. En la columna de comentarios, anotar datos adicionales como: sitio específico de captura, estado del pez, si se le tomó fotografía, entre otros. Aunque la supervivencia

del individuo pescado es la prioridad, si es posible, se recomienda llevar un registro fotográfico de las capturas, para una posterior validación de las especies anotadas.

2. *Marcaje*: Si se coloca una marca externa de identificación (Fig. 5), se debe anotar el código de la marca en la columna correspondiente (*BSE-#*). La marca debe insertarse a lo largo de la musculatura dorsal en ángulo inclinado, junto a las espinas dorsales colocando la aguja de aplicación en ángulo. Es recomendable colocar al pez de lado sobre una superficie plana mientras se coloca la marca. Alternativamente, marcar al individuo dentro de un recipiente con agua sosteniéndolo del vientre con un guante. Una vez inserta toda la aguja, rotar 180 grados para asegurar la colocación y sacar la aguja en la misma dirección en que se insertó. Tirar (halar) con poca fuerza la marca para asegurarse de que quedó bien colocada y no se va a salir. En caso de que no entre bien en el primero intento, dejarlo reposar un momento en el recipiente de agua hasta que se recupere y volver a intentar, o intentar del otro lado del cuerpo. Idealmente, si no ha pasado mucho tiempo, se recomienda tomar fotografía del individuo marcado de manera que sea legible el código de la captura en caso de que sea necesaria una validación al digitalizar los datos. Las marcas se colocarán solamente en grupos de peces considerados de interés comercial y elementos focales de manejo del AMM-BSE como: pargos (*Lutjanidae*), cabrillas (*Serranidae*), peces gallo (*Nematistidae*) y robalos (*Centropomidae*). Los demás peces que no pertenezcan a este grupo igualmente deben ser anotados, medidos y liberados.

**Encabezado**

### Monitoreo de peces en AMM-Bahía Santa Elena

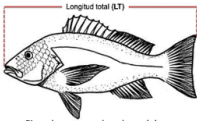


Nombre del capitán / embarcación: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ No. de pescadores: \_\_\_\_\_

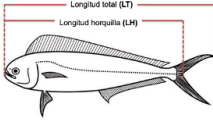
Hora inicio: \_\_\_\_\_ Hora final: \_\_\_\_\_

Tiempo efectivo de pesca (horas): \_\_\_\_\_



Longitud total (LT)

Ejemplo: pargos, chanchos, globos



Longitud total (LT)

Longitud horquilla (LH)

Ejemplo: Dorados, jureles, robalos, gallos y agujas

Guía de medición

Código sitio	Hora captura	Nombre común o especie	Longitud total (cm)	Longitud horquilla (cm) <small>(dorados, jureles, robalos, gallos, agujas)</small>	# Marca	Pescador(a)	Comentarios/Fotografía (sí/no)
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		

Datos de las capturas

**RECUERDE:** Al finalizar su tour, por favor **enviar una foto de esta tabla** al **8593-5546** (Mario Espinoza)

Fig. 4. Tabla de datos para utilizar en campo durante los monitoreos (Anexo 5).

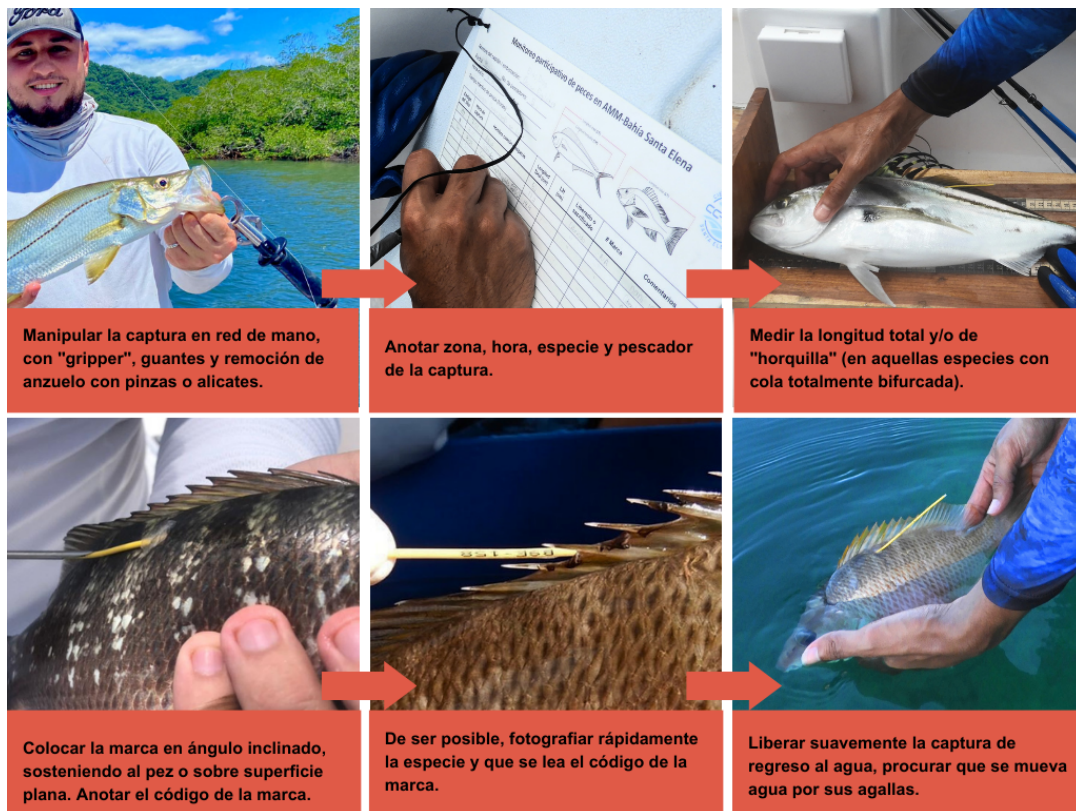


Fig. 5. Proceso de marcaje externo de las capturas y toma de datos.

3. *Liberación:* Ya procesado el organismo, llevarlo a la superficie del agua y sujetándolo con suavidad del vientre y de la base de la cola, moverlo de adelante hacia atrás suavemente, para hacer pasar agua por su aparato branquial y permitirle oxigenarse antes de liberarlo. Una vez que el pez esté listo para regresar al medio, él mismo reaccionará con un movimiento relativamente rápido de su cola para liberarse, esto aumenta el éxito en la supervivencia del organismo.
4. Todo este proceso debe repetirse para cada captura a lo largo de las 6 horas aproximadas de muestreo.
5. *Recopilación final de datos:* Al cierre del evento, la persona líder del bote debe recopilar ordenadamente todas las hojas de datos del bote y fotografiarlas antes de bajarse del bote de ser posible. Asimismo, reforzar a los participantes que tomaron fotografías de las capturas que las compartan.

### C) Cierre del monitoreo

1. *Parada de cierre:* Procurar una parada de encuentro de todo el grupo durante la que se contabilizarán las capturas para presentar un resumen del evento al grupo (Anexo 6) y para entregar los certificados y premiaciones simbólicas. Será importante que la persona moderadora explique los pasos a seguir durante esta parada, y brinde palabras de cierre y agradecimiento.
2. *Resumen de datos:* Cada observador de los botes debe contabilizar las capturas de su tripulación correspondiente, para lo que existe una plantilla (Anexo 6) para indicar las capturas totales, pero también otros datos específicos. Habrá una persona encargada de recopilar los resúmenes de datos de cada embarcación para hacer un resumen de las capturas totales, por bote y generales para luego anunciar los datos y las personas, o embarcaciones, ganadoras en diferentes categorías. Guardar todas las hojas de datos con mucho cuidado en un lugar seguro.
3. *Evaluaciones de evento:* De implementarse las evaluaciones del evento (Anexo 7), se recomienda hacerlo durante esta parada.
4. *Fotografías:* Se recomienda tomar fotografías durante el convivio en esta parada de cierre para posterior divulgación del evento.

### **Etapas 3 – Manejo de los datos y divulgación de los resultados**

La descripción de cada tarea y los responsables de los diferentes roles para las actividades post evento de monitoreo se encuentran en anexos (Anexo 1). De manera general estas incluyen:

- A) Procesamiento y análisis de los datos
- B) Divulgación de los resultados generales
- C) Divulgación de los resultados técnicos

## Metodología de tabulación y análisis de los datos

Se recomienda que la digitalización de los datos sea lo más pronto posible pasado el evento utilizando la plantilla creada para este propósito (Anexo 8) y crear y mantener un Excel “madre”, donde se irán agregando todas las capturas de todos los eventos juntos, solo hasta que ya la hoja del Excel del evento único haya sido revisada y validada por la persona científica a cargo. Antes de ingresar información a la base de datos del “Excel madre”, guardar como archivo nuevo con la fecha de actualización en la que se digitan los datos (Ej: “2023-07-17\_Datos Peces) para no sobrescribir versiones anteriores y así evitar que se pierda toda la información por un error o modificación accidental. De esta forma quedará disponible la versión anterior y así se puede corregir el error sin perder la base de datos original. En caso de obtener recapturas, anotarlas en el “Excel madre” (el que tiene los datos históricos de todos los monitoreos), buscar la línea de la captura con el código de la marca correspondiente, y agregar tres columnas más donde se indiquen: fecha, sitio y la longitud total de la recaptura (si se pudo medir). Los datos obtenidos en los monitoreos con la técnica de pesca-liberación se digitarán en Microsoft Excel que tiene cuatro hojas: (1) Instrucciones, (2) Ambientes y Especies (3) Datos, (4) Resumen rápido.

1. Instrucciones: se indica cómo rellenar las casillas de la hoja 2 (Fig. 6, Anexo 8).
2. Ambientes y especies: Guía de nombres comunes y científicos de especies, no debe modificarse, a no ser que se requieran agregar más especies a la lista.
3. Datos: En esta se ingresan los datos del monitoreo con base en la hoja 1 de “Instrucciones”. Toda la información asociada a cada captura individual se escribe en su única línea correspondiente. Algunos datos se rellenan automáticamente con base en información de la hoja 2 de “Ambientes y especies”. En la hoja 2 existen más datos que no se tomaron en las tablas de datos en campo, es información ambiental que ayudará a posteriores análisis y se deben conseguir de otras fuentes de información, en el caso de

las mareas y fases lunares. Para efectos de ingreso de los datos a otros softwares para análisis de resultados y para reducir errores se recomienda que los nombres de las columnas se mantengan sin espacios, mayúsculas, acentos o eñes.

4. Resumen rápido: Generará resúmenes en formato tabla dinámica automáticamente basado en la información de la hoja 2. Para generar el resumen actualizado, ingresar a dicha hoja, seleccionar la tabla y en el menú de “Análisis de tabla dinámica” seleccionar “Actualizar”. Repetir esta acción cada vez que se modifique información de la Hoja 2.

Columna	Definición	Ejemplo
capitan	Nombre del capitán de la embarcación.	Otto Rojas
embarcacion	Nombre de la embarcación.	La Lufa
fecha	Fecha completa del evento, en formato día-mes-año. Escribir solo las primeras 3 iniciales del nombres del mes y el año completos para evitar errores de lectura.	18-Oct-21
dia	Este espacio se rellena automáticamente tras completar la fecha por una función predesignada.	18
mes	Este espacio se rellena automáticamente tras completar la fecha por una función predesignada.	10
anno	Este espacio se rellena automáticamente tras completar la fecha por una función predesignada. Se escribe "anno" para no usar años.	21
estacion	Escribir "seca", "transicion", o "lluviosa"	seca
luna	Escribir "menguante", "nueva", "creciente" o "luna"	nueva
no.tripulantes	Número total de personas en la embarcación	7
no.pescadores	Número total de personas que estuvieron pescando simultáneamente (puede ser que 7 personas pescaran en total, pero solo había 5 cañas y entonces se ritaban pero en todo momento solo 5 pescadores activos)	5
hora.inicio	Hora de inicio del periodo de pesca, en formato de 24 horas.	13:10
hora.fin	Hora de finalización del periodo de pesca.	14:00
tiempo.pesca	Resta de la hora final menos la hora inicial, se rellenará automáticamente tras ingresar la hora de inicio y de fin pues ya se pre-estableció la fórmula que hace el cálculo.	00:50
sitio	Nombre del cuadrante de pesca de la captura con base en delimitación del mapa de la tabla de datos.	H6
habitat	Hay tres opciones: "arrecife", "transicion", "manglar", "otro" según los cuadrantes correspondientes. Se rellenará automáticamente tras ingresar el sitio.	Manglar
hora.captura	Hora de de la captura en formato de 24 horas (Ej. 13:10)	13:15
spp.code	Código de especie indicado en Hoja 4 de "Ambientes y especies"	lco
especie	Nombre completo de la especie, es decir Genero + epíteto específico	Lutjanuscolorado
nombre	Nombre común de la especie	Pargo colorado
familia	Familia de la especie	Lutjanidae
genero	Género de la especie	Lutjanus
lt	Longitud total de la captura en centímetros	105
lh	Longitud de horquilla de la captura en centímetros. Solo en especies que tiene horquilla, sino dejar en blanco	100
liberacion	Escribir "si" si fue liberado con vida, o "no" si la captura murió.	si
marca	Código de la marca colocada a la captura. Si no se marcó, dejar en blanco.	BSE-145
pescador	Nombre de la persona que hizo la captur, preferible con apellidos.	Marlon Mora
comentarios	Observaciones adicionales anotadas en la tabla, u observaciones que surjan al digitalizar las capturas	Se tomó foto, pez con parásitos

Fig. 6. Previsualización del archivo de Excel "Datos Peces", hoja de instrucciones del contenido de la hoja de "Datos" (Anexo 8)

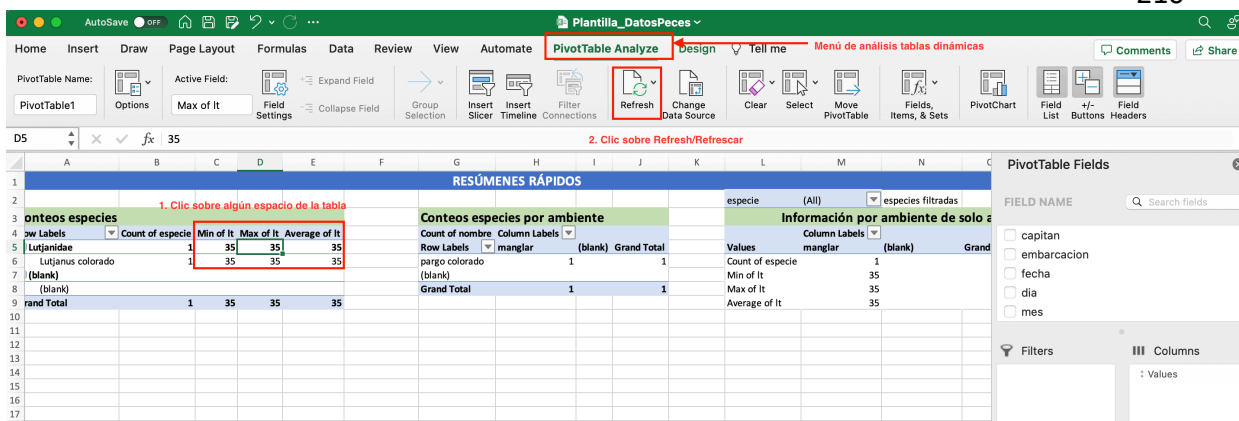


Fig. 7. Indicaciones para actualizar resúmenes de tablas dinámicas de las hojas de “Resumen rápido”.

Intentar escribir los nombres de las especies en la columna “nombre” tal cual se anotaron en la hoja de datos de campo. En caso de tener dudas, preguntar a la persona que los pescó o lo anotó. Si se conoce con certeza el ambiente científico de la especie, escribir e en la columna “spp.code” la primera letra del género y las primeras dos letras del epíteto del nombre científico de la especie. Así, por ejemplo, si se capturó la especie *Lutjanus argentiventris*, se debe introducir el código “lar” en la columna, y el nombre completo aparecerá automáticamente en la columna siguiente “especie”, con base en la información de la hoja “Ambientes y especies”. Para algunas especies se utilizan las tres primeras letras del epíteto en lugar de sólo dos, por ejemplo, “atr” corresponde a *Abudefduf troschelii*, entonces si quisiéramos reportar *Acanthurus triostegus*, debemos escribir “atri” en “especie”. Si no se logra identificar la especie, escribir manualmente la familia y/o género. Si se considera que las personas que anotaron las especies anotaron un nombre común incorrecto, corregirlo. Como nombre común utilizar los sugeridos en la hoja de “Ambientes y especies” para estandarizar.

### Indicadores para estimar con los datos generados

Como indicadores se utilizarán los mismos considerados en el Plan de Aprovechamiento de AMM-BSE (Cuadro 1, SINAC, 2020). Los indicadores pueden

estimarse para toda la bahía general, o por zonas, en este caso dividir por área disponible de cada zona. Si se tienen datos de recapturas, eventualmente se podrían estimar más parámetros de interés en el manejo pesquero como tasas de crecimiento y medidas de dispersión.

Cuadro 1. Indicadores ecológicos para el monitoreo capturas pesqueras.

Indicador	Unidad de medición	Descripción
Riqueza específica	Número de especies	Listado de las especies que presentan importancia comercial en la zona.
Abundancia	Número de individuos por especie	Número de organismos de cada especie con importancia comercial en la zona
Frecuencia de tallas	Distribución de frecuencias	Distribución de frecuencia de las tallas de cada especie con importancia comercial en la zona.
Biomasa	kg/ha	Peso total de cada especie entre el área del sitio de pesca. Se estima con base en la abundancia, tallas y los parámetros alométricos.
Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)	kg/h kg/# Pescadores * # botes *ha	Peso total de los recursos pesqueros capturados por hora de faena, o por número de pescadores, botes y área muestreada.

El cálculo de biomasa requiere de datos de abundancia de individuos y tallas además de parámetros ya establecidos para cada especie (constantes alométricas

a y b, relación talla-peso extraídas de FishBase (<https://www.fishbase.se/search.php>), que también se encuentran en la hoja de “Ambientes y especies”). El dato del peso para efectos de estimar el CPUE, se puede estimar a partir de la biomasa. Alternativamente, en el futuro se pueden utilizar pesas en los botes para obtener datos exactos de pesos. Los cálculos y los archivos de Excel necesarios para estimar los indicadores se encuentran en el Plan de Aprovechamiento.

## 5. FINANCIAMIENTO

Este monitoreo está diseñado para que sea autofinanciable, es decir, que la misma participación de los diversos actores permita cubrir los principales gastos requeridos. En primer lugar, el enfoque de ciencia ciudadana asume la participación voluntaria de diversas personas clave para temas de organización e implementación de las actividades, por lo tanto, inicialmente no tiene un costo monetario este aporte. Luego, gran parte de los costos serán asumidos por turistas que paguen por la actividad como un tour de pesca recreativa (esto cubre gastos logísticos de embarcaciones) y por patrocinios varios para cubrir costos de materiales y premiaciones. Asimismo, será clave el apoyo de organizaciones no gubernamentales, academia e instituciones públicas. Para esto se debe procurar mantener la comunicación y coordinación para mantener informados a quienes apoyen las actividades y dar visibilidad a quienes apoyen. Eventualmente, si la actividad crece, se podrían cobrar inscripciones para generar una ganancia que pueda distribuirse a organizaciones comunitarias locales, como Asojunquillal, para que luego re-inviertan en gastos adicionales asociados a los monitoreos. Se recomienda además continuar en adaptar la actividad para generar más ganancias que incluso permitan cubrir estipendios de las personas voluntarias durante los monitoreos.

Como se describe en Anexo 1, dentro de las tareas pre-torneo hay roles asociados a conseguir financiamiento y patrocinios, que pueden ser asumidos por la red de

contactos comunitaria establecida a través de este proceso. Asimismo, en las tareas asociadas a la tercera etapa, que son post-torneo, hay roles de divulgación y preparación de informes. Esto es clave para informar a donantes y atraer a nuevos.

## 6. CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES

Para garantizar que los beneficios ambientales, económicos y no monetarios se distribuyan entre los diversos grupos participantes es clave implementar el monitoreo con un enfoque integral. Sin estas sugerencias no se alcanzarán los objetivos de la ciencia ciudadana, que incluye democratizar el conocimiento. Además, idealmente, se debe procurar la flexibilidad en el protocolo ya que su alcance puede crecer.

La siguiente lista de aspectos a considerar surge del proceso participativos de investigación-acción y el posterior análisis de viabilidad de las sugerencias de los participantes. Algunos aspectos ya son parcialmente contemplados en las tareas del protocolo. Beneficios monetarios, o beneficios socio ambientales, por ejemplo, la población que se beneficia del conocimiento generado, escuelas entre otros, formas de difusión comunal. Estos podrían ser pasos post toma de datos.

### *Involucramiento, capacitación y reconocimiento comunitario:*

- Considerar las capacidades, habilidades y experiencia de diversos miembros de la comunidad para optimizar la implementación rentable del protocolo y fortalecer su participación en la investigación y conservación. Es posible capacitar y evaluar a voluntarios para realizar tareas como transcripción de datos y la organización de eventos.
- Garantizar una comunicación inclusiva y estrategias de involucramiento interseccionales para llegar a diversas poblaciones (considerado género, edad, ocupación, entre otras) dentro de la comunidad.

- Trabajar en colaboración con organizaciones comunitarias para llegar a estas comunidades, convocar y difundir los mensajes de conservación.
- Reconocer y apreciar la participación voluntaria a través de reconocimientos públicos y continuo involucramiento.
- Como proceso de sensibilización, incentivar a que cualquier persona a bordo tome datos y realice el marcaje, con la salvedad de que la persona observadora a bordo encargada les guíe y observe qué están anotando y cómo están realizando el marcaje.
- Involucrar más a los turoperadores en la organización de los eventos y pensar en miembros de las comunidades con capacidad organizativa para que se encarguen gradualmente más de la coordinación de los eventos, por ejemplo, agrupaciones de mujeres capacitadas en pesca deportiva, administración, entre otros.

*Preservación y acceso de datos:*

- Establecer un repositorio público para los datos generados, con regulaciones para especies sensibles. Utilizar plataformas virtuales gestionadas por autoridades de conservación e instituciones académicas.
- Mantener registros de participación e impacto para atraer posibles donantes y asegurar financiamiento.

*Expansión y alianzas estratégicas:*

- Explorar oportunidades para expandir espacialmente estas actividades a otras áreas del Golfo Santa Elena para ampliar la comprensión ecológica del estado de los recursos pesqueros asociados al AMM-BSE y la contribución de esta a áreas aledañas, esto puede coordinarse con INCOPECA.
- Fomentar que los operadores turísticos tomen datos y hagan marcaje durante los viajes de pesca utilizando los mismos principios técnicos del protocolo.
- Explorar alianzas con organizaciones no gubernamentales y el sector privado, especialmente en la industria de la pesca deportiva, para obtener

apoyo financiero y replicar las iniciativas en otras regiones del país. Este sector pesquero genera una gran contribución económica al país y suelen tener capital financiero para apoyar este tipo de iniciativas que también podrían replicarse en otras zonas del país.

- Involucrar a los medios de comunicación locales para crear conciencia sobre los esfuerzos de monitoreo y atraer a más participantes y financiamiento.
- Promover las actividades como una atracción turística que conlleve a encadenamientos económicos y genere un mayor impacto en la sensibilización y educación ambiental de la ciudadanía. Eso podría tener un mayor impacto en la ciudadanía en términos de sensibilización y educación ambiental. Por ejemplo, algunos actores participantes del proceso de elaboración de este protocolo sugieren que se involucre a cocineros que se haga un festival comunitario asociado. Si bien esto implica mayor planificación, si se toma en cuenta los liderazgos comunitarios relevantes esto se puede llevar a cabo tal vez no en todos los monitoreos sino en algunos o en algunos que se hagan de mayor escala no necesariamente dentro del área Marina de Manejo.

*Educación ambiental y sensibilización:*

- Difundir los alcances y contenidos de los monitoreos bajo enfoque de ciencia ciudadana en las escuelas para educar a las futuras generaciones sobre las especies marinas locales y resaltar su importancia económica, social y ecológica.

## 7. REFERENCIAS

- Arias, A., Pressey, R. L., Jones, R. E., Álvarez-Romero, J. G., & Cinner, J. E. (2016). Optimizing enforcement and compliance in offshore marine protected areas: A case study from Cocos Island, Costa Rica. *Oryx*, *50*(1), 18-26. <https://doi.org/10.1017/S0030605314000337>
- Arias Zumbado, F. E. (2021). *Caracterización espacial de los vertebrados marinos y su aprovechamiento económico en Bahía Santa Elena, Costa Rica* [Maestría]. Universidad Nacional.
- Brownscombe, J. W., Danylchuk, A. J., Chapman, J. M., Gutowsky, L. F. G., & Cooke, S. J. (2017). Best practices for catch-and-release recreational fisheries – angling tools and tactics. *Fisheries Research*, *186*, 693-705. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.04.018>
- Espinoza, M., Arias-Zumbado, F., Chaves-Zamora, I., & Fariás-Tafolla, B. (2022). Comparación de cuatro métodos para contar peces en una bahía tropical: El caso del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena en el Pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, *70*, 15.
- Esteves-Dias, A. C., Cinti, A., Parma, A. M., & Seixas, C. S. (2020). Participatory monitoring of small-scale coastal fisheries in South America: Use of fishers' knowledge and factors affecting participation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *30*(2), 313-333. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09602-2>
- Fulton, S., López-Sagástegui, C., Weaver, A. H., Fitzmaurice-Cahluni, F., Galindo, C., Fernández-Rivera Melo, F., Yee, S., Ojeda-Villegas, M. B., Fuentes, D. A., & Torres-Bahena, E. (2019). Untapped Potential of Citizen Science in Mexican Small-Scale Fisheries. *Frontiers in Marine Science*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00517>
- García, J. (2013). *Informe final: Mapeo General de Actores para los Vacíos de Conservación Cabo Blanco y Bahía Santa Elena* (p. 52).
- Gibson, K. J., Streich, M. K., Topping, T. S., & Stunz, G. W. (2019). Utility of citizen science data: A case study in land-based shark fishing. *PLOS ONE*, *14*(12), e0226782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226782>
- Granek, E. F., Madin, E. M. P., Brown, M. A., Figueira, W., Cameron, D. S., Hogan,

- Z., Kristianson, G., de Villiers, P., Williams, J. E., Post, J., Zahn, S., & Arlinghaus, R. (2008). Engaging Recreational Fishers in Management and Conservation: Global Case Studies. *Conservation Biology*, 22(5), 1125-1134. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00977.x>
- Harvey, E., Mclean, D., Frusher, S., Haywood, M., Newman, S., & Williams, A. (2013). *The use of BRUVs as a tool for assessing marine fisheries and ecosystems: A review of the hurdles and potential.*
- McKinley, D. C., Miller-Rushing, A. J., Ballard, H. L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S. C., Evans, D. M., French, R. A., Parrish, J. K., Phillips, T. B., Ryan, S. F., Shanley, L. A., Shirk, J. L., Stepenuck, K. F., Weltzin, J. F., Wiggins, A., Boyle, O. D., Briggs, R. D., Chapin, S. F., ... Soukup, M. A. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation*, 208, 15-28. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.015>
- Pinder, A. C., Raghavan, R., & Britton, R. (2014). Efficacy of angler catch data as a population and conservation monitoring tool for the flagship Mahseer fishes (Tor spp.) of Southern India. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(6), 829-838. <https://doi.org/10.1002/aqc.2543>
- Robinson, L. D., Cawthray, J. L., West, S. E., Bonnt, A., & Ansine, J. (2018). Ten principles of citizen science. En *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 27-40). UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>
- SINAC. (2017). *Plan General de Manejo del Sitio de Importancia para la Conservación Bahía* (p. 69). SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación).
- SINAC. (2020). *Plan de aprovechamiento de recursos pesqueros del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, Guanacaste* (p. 56). Sistema Nacional de Áreas de Conservación-Área de Conservación Guanacaste. Guanacaste-Costa Rica.
- Watson, G. J., Murray, J. M., Schaefer, M., & Bonner, A. (2015). Successful local marine conservation requires appropriate educational methods and adequate

enforcement. *Marine Policy*, 52, 218  
59-67.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.10.016>

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Listado de verificación de tareas específicas de las tres etapas

ETAPA 1 : PLANEAMIENTO Y COORDINACIÓN	
TAREAS Y ROLES	Responsable(s)
<p><b>1. Coordinación interinstitucional y plan general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 1. Planear fecha viable y coordinar con ACG</li> <li><input type="checkbox"/> 2. Comunicar sobre la actividad (a ACG-INCOPECA-SNG)</li> <li><input type="checkbox"/> 3. Verificar permisos de investigación y de navegabilidad</li> <li><input type="checkbox"/> 4. Revisar y actualizar los procedimientos del protocolo si fuera necesario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Investigadores - ACG -encargado del AMM-BSE</li> <li>2. Investigadores - ACG -encargado del AMM-BSE</li> <li>3. INCOPECA</li> <li>4. Investigadores - ACG -encargado del AMM-BSE</li> </ul>
<p><b>2. Convocar a participantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Identificar, invitar, confirmar tour operadores</li> <li><input type="checkbox"/> Identificar, invitar, confirmar personas pescadoras, llevar registro de invitaciones y confirmaciones.</li> <li><input type="checkbox"/> Comunicar a invitados los detalles logísticos de los eventos, las normas y requerimientos previo a la actividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líderes de orgs. Comunitarias, por ejemplo, asoc. de pescadores, de desarrollo integral, y gremiales de turismo (CETUR, CTC))</li> <li>- Gobierno local y medios de comunicación locales</li> <li>- ACG-encargado del AMM</li> <li>- Academia-investigadores a cargo</li> </ul>
<p><b>3. Preparar materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Revisar que haya materiales de pesca, de marcaje, para toma de datos</li> <li><input type="checkbox"/> Hacer lista y presupuesto. Si algo falta, o quiénes pueden cubrir el costo o hacer el préstamo (p.ej. Gobierno local, ONGs ambientales como CRXS, ETC, GDFCF, empresas privadas, con énfasis en locales)</li> <li><input type="checkbox"/> Conseguir premiaciones simbólicas para participantes.</li> <li><input type="checkbox"/> Preparar e imprimir hojas de asistencia y de conteos finales de capturas.</li> <li><input type="checkbox"/> Preparar e imprimir certificados de participación.</li> <li><input type="checkbox"/> Preparar premios y certificados de participación: Previo al evento, agrupar material que debe ir en cada bote. Esto incluye asignar premiaciones a diferentes categorías y escribir nombres en certificados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigadores- ACG -encargado del AMM-BSE y voluntario comunitario</li> <li>- Tour operadores</li> <li>- Pescadores</li> <li>- Voluntarios(as) de diversos sectores</li> </ul>

**4. Capacitar a nuevas personas:**

- Preparar capacitaciones teóricas y prácticas necesarias para miembros comunitarios e institucionales (usar Excel de Planificación talleres).
- Preparar y actualizar materiales didácticos (presentaciones, folletos, marcaje externo de peces, escritura de datos, manejo adecuado de las capturas)
- Llevar a cabo las capacitaciones
- Refrescar procedimientos y materiales detallados a observadores(as) de botes. Capacitarles en un guión interpretativo.
- Aplicar capacitaciones extra en temas relevantes y de interés para los participantes como: importancia de los manglares, identificación de peces, reproducción de peces.

- Investigadores- ACG -encargado del AMM-BSE y voluntario comunitario. Se pueden sumar personas capacitadas en temas específicos (Tour operadores y miembros de la comunidad o de instituciones previamente capacitados, ONGs, INCOPECA
- En tareas prácticas y organizaciones comunitarias también pueden apoyar voluntarios(as) de diversos sectores

ETAPA 2: EJECUCIÓN	
ACTIVIDAD	Responsable(s)
<p><b>1. Moderar evento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Reiteradamente, mencionar los objetivos de la toma de datos y los resultados esperados, particularmente el inicio y al final de la actividad. Informar a participantes sobre logística, reglas, metodología</li> <li><input type="checkbox"/> Cronometrar y anunciar tiempos de pesca en las diferentes zonas</li> <li><input type="checkbox"/> Anunciar resumen capturas, ganadores, agradecimientos finales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Representante comunitario (gestor local, líder asociaciones, representante tour operadores)</li> <li>- Investigadores</li> <li>- Encargado AMM-BSE</li> <li>- Gobierno local</li> </ul>
<p><b>2. Marcar, medir y fotografiar peces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Colocar las marcas de peces correctamente en el bote</li> <li><input type="checkbox"/> Medir con cinta métrica, o con ictiómetro, el pez de la manera correcta.</li> <li><input type="checkbox"/> Tomar fotografía que permita identificar la especie y leer el código de la marca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observador a bordo (persona capacitada previamente)</li> <li>- Cualquier persona capacitada, o bajo supervisión del observador.</li> </ul>
<p><b>3. Escribir datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Anotar todas las casillas de los datos en la hoja de datos de los diferentes peces marcados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una sola persona de la tripulación entrenada</li> <li>- Cualquier persona bajo supervisión del del observador.</li> </ul>
<p><b>4. Recolectar datos al final</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Recoger las hojas de cada embarcación ordenadamente al final del evento.</li> <li><input type="checkbox"/> Revisar que <u>cada hoja y tabla tenga el nombre de la embarcación</u> respectiva.</li> <li><input type="checkbox"/> La tabla acrílica se la puede dejar el capitán, pero los datos de dicha tabla deben ser recogidos por lo menos mediante una fotografía.</li> <li><input type="checkbox"/> Idealmente tomar fotografía de todas las hojas antes de bajar del bote.</li> <li><input type="checkbox"/> Entregar todas las hojas ordenadamente <u>a la persona investigadora a cargo</u>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observador a bordo</li> </ul>
<p><b>5. Conteo de capturas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <i>En bote:</i> sumar las capturas finales de la tripulación y entregar hoja al encargado del conteo final.</li> <li><input type="checkbox"/> <i>Al final del evento:</i> con base en la hoja de sumatorias de cada embarcación, sumar datos de las capturas y verificar ganadores de las diferentes categorías y para informar sobre el resultado del esfuerzo del evento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dos de los observadores a bordo, ya que son quienes llevaban los datos y tiene mayor objetividad y entrenamiento.</li> </ul>

**6. Premiación: Llevarse a cabo en la playa o en la comunidad.**

- Verificar con la persona encargada de los conteos, quiénes son las personas o grupos ganadores para cada categoría.
- Alistar premiaciones para que la persona moderadora pueda entregarlas
- Coordinar toma de fotografías de la premiación para luego compartir con los donantes de los premios.

- Persona moderadora del evento, con voluntarios (pueden ser los observadores a bordo de botes).

<b>ETAPA 3: MANEJO DE LOS DATOS Y DIVULGACIÓN</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Responsable(s)</b>
<p><b>1. Pasar datos a computadora</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Digitalizar datos de las hojas de campo en archivo Excel de Datos de peces.</li> <li><input type="checkbox"/> Si es necesario, hacer anotaciones, sugerencias y actualizaciones al sistema de colecta de datos (valorar incluso crear aplicación digital)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ONG ambiental local</li> <li>- Asociación tour operadores</li> <li>- Miembro comunidad capacitado</li> <li>- Investigadores</li> </ul>
<p><b>2. Analizar datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Hacer análisis de indicadores sugeridos en el protocolo</li> <li><input type="checkbox"/> Agregar análisis extras según retroalimentación y uso de las instituciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigadores</li> <li>- ACG-Encargado AMM-BSE</li> <li>- INCOPECA</li> </ul>
<p><b>3. Divulgar los resultados científicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 1. Verificar los análisis con ACG e INCOPECA</li> <li><input type="checkbox"/> 2. Preparar y diseñar material divulgativo con los resultados de los análisis a audiencias generales (por ejemplo, a instituciones gubernamentales, comunidad local, participantes de los eventos, revistas científicas, informes técnicos, público general, centros educativos, entre otros). Recaltar que la actividad es un evento científico particular dentro del AMM-BSE del ACG.</li> <li><input type="checkbox"/> 3. Divulgar el material divulgativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. ACG, INCOPECA, Investigadores</li> <li>2. Voluntarios (as) capacitados (as) (estudiantes, medios de comunicación ACG, entre otros)</li> <li>1. Voluntarios (as) capacitados (as) (estudiantes, investigadores, CETUR, CTC, medios de comunicación ACG y locales, Cámara de turismo, tour operadores)</li> </ul>
<p><b>4. Divulgar logros, resultados y aprendizajes a las comunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Dar visibilidad al proceso, a los participantes y aportes generales de los diferentes sectores y actores participantes de los eventos</li> <li><input type="checkbox"/> Esta divulgación puede darse por múltiples medios digitales, durante actividades, presenciales, medios de comunicación locales, entre otros y dando reconocimientos de participación (como certificados, reconocimiento público, entre otros)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voluntarios capacitados</li> <li>- Tour operadores</li> <li>- Clientes del evento</li> <li>- Investigadores</li> <li>- ACG</li> <li>- Organizaciones comunitarias (p.ej. ADI, CTC)</li> <li>- ONG ambiental</li> </ul>

□ Si las empresas participantes lo requieren, elaborar cartas de constancia de su participación. Estas pueden ser firmadas por las instituciones a cargo de la coordinación principal.

- Municipalidad
- Medios de comunicación





### Anexo 4. Hojas de asistencia



**Actividad:** \_\_\_\_\_  
**Equipo facilitador:** \_\_\_\_\_  
**Lugar:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

No.	Nombre	Institución/Organización/Empresa	Correo electrónico	Teléfono
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				

Anexo 5. Hojas de datos de peces

**Monitoreo de peces en AMM-Bahía Santa Elena**

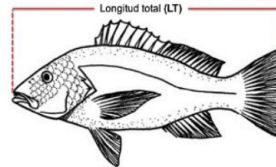


Nombre del capitán / embarcación: \_\_\_\_\_

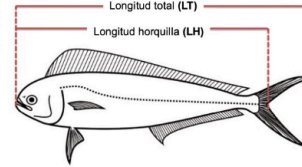
Fecha: \_\_\_\_\_ No. de pescadores: \_\_\_\_\_

Hora inicio: \_\_\_\_\_ Hora final: \_\_\_\_\_

Tiempo efectivo de pesca (horas): \_\_\_\_\_



Ejemplo: pargos, chanchos, globos



Ejemplo: Dorados, jureles, robalos, gallos y agujas

Código sitio	Hora captura	Nombre común o especie	Longitud total (cm)	Longitud horquilla (cm) <small>(dorados, jureles, robalos, gallos, agujas)</small>	# Marca	Pescador(a)	Comentarios/Fotografía (sí/no)
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		
					BSE-		

**RECUERDE:** Al finalizar su tour, por favor **enviar una foto de esta tabla** al **8593-5546** (Mario Espinoza)



## INSTRUCCIONES


1. Al inicio de la jornada de pesca, anote la información que se solicita en la parte superior de la hoja.
2. Una vez capturado un pez, utilice el mapa para ubicar el sitio de captura basándose en el sistema de códigos de letras y números de la siguiente imagen:



3. Al final de la jornada de pesca, escribir la hora final y el tiempo efectivo de pesca, es decir, las horas dedicadas exclusivamente a pescar.

### Anexo 6. Hojas de conteo capturas

**RESUMEN DE DATOS RECOLECTADOS DURANTE EL EVENTO**  
**Número \_\_\_ DE MONITOREO DE PECES MEDIANTE CIENCIA CIUDADANA**  
**Fecha \_\_\_\_\_**




Embarcación: \_\_\_\_\_  
 Capitán: \_\_\_\_\_  
 Cantidad tripulantes: \_\_\_\_\_

Nombres tripulantes:

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

CATEGORÍA	
Número total individuos	
Número total especies	
Pez más grande (especie, talla y persona)	
Pez más pequeño (especie, talla y persona)	
Hora primer captura (especie y persona)	
Personas con más capturas (cantidad y persona)	
Primera recaptura (persona, código marca, especie)	
Otra	



**RESUMEN DE DATOS RECOLECTADOS DURANTE EL EVENTO**  
**NÚMERO \_\_\_ DE MONITOREO DE PECES MEDIANTE CIENCIA CIUDADANA**  
**Fecha \_\_\_\_\_**

Categoría	Nombre embarcaciones						
Número total individuos							
Número total especies							
Pez más grande (especie, talla y persona)							
Pez más pequeño (especie, talla y persona)							
Hora primer captura (especie y persona)							
Persona con más capturas (cantidad y persona)							
Primera recaptura (especie, código marca, persona – persona que lo pescó antes) *							
OTRA							

GANADORAS	
<b>EMBARCACIÓN CON MÁS CAPTURAS</b> (# individuos y embarcación)	<b>EMBARCACIÓN CON MÁS ESPECIES</b> (# especies y embarcación)
<b>PERSONA CON MÁS CAPTURAS</b> (# individuos y persona)	<b>PERSONA CON MÁS ESPECIES</b> (# especies y persona)
<b>PERSONA CON PEZ MÁS GRANDE</b> (especie, tamaño, y persona)	<b>PERSONA CON PEZ MÁS PEQUEÑO</b> (especie, tamaño, y persona)
<b>PERSONA PRIMERA CAPTURA</b> (especie, hora, persona)	<b>PERSONA RECAPTURA*</b> (especie, quién pescó ahorita y quién antes)
OTRA	

\*Llevar lista de capturas de todos los eventos anteriores para saber en caso de recaptura, para identificarla por su código de marca.

## Anexo 7. Hojas de evaluación

Evaluación 2º Torneo de Pesca Científica CC-Mar					
Este es un cuestionario anónimo que nos ayudará a mejorar futuros eventos similares.					
1. Califique el evento .					
<i>Marca solo un óvalo.</i>					
	1	2	3	4	5
Muy malo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente
2. ¿El evento de pesca aumentó su conocimiento? (Marque con una X)					
<i>Selecciona todos los que correspondan.</i>					
<input type="checkbox"/> Sí					
<input type="checkbox"/> No					
<input type="checkbox"/> No sé					
3. Si su respuesta fue "Sí", explique qué aprendió.					
_____					
4. ¿Qué aspectos del evento estuvieron bien?					
_____					
5. ¿Qué aspectos del evento no funcionaron o podrían mejorar?					
_____					
6. Por favor, califique los siguientes aspectos del evento. Marque con una equis (x)					
<i>Marca solo un óvalo por fila.</i>					
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Organización del evento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Duración del evento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utilidad de los materiales brindados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apoyo del biólogo a bordo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Premiaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Por favor, indicar si tiene comentarios adicionales (esta pregunta es opcional).					
_____					
8. ¿Participaría otra vez de un evento como este?					
<i>Marca solo un óvalo.</i>					
<input type="radio"/> Sí					
<input type="radio"/> No					
<input type="radio"/> Tal vez					
La siguiente sección es solo para turistas o personas no miembro de CC-Mar.					
9. ¿Por qué participó del evento? Marque todas las opciones que apliquen.					
<i>Selecciona todos los que correspondan.</i>					
<input type="checkbox"/> Disfruto pescar					
<input type="checkbox"/> Contribuir a la ciencia					
<input type="checkbox"/> Sitio de interés					
<input type="checkbox"/> Apoyar a tour-operadores					
<input type="checkbox"/> Oportunidad de expandir mi red contactos					
Otro: <input type="checkbox"/> _____					
10. ¿Recomendaría a otras personas que practican pesca deportiva a asistir a tours de ciencia ciudadana marina como este?					
<i>Selecciona todos los que correspondan.</i>					
<input type="checkbox"/> Sí					
<input type="checkbox"/> No					
<input type="checkbox"/> Tal vez					
11. ¿Considera que el costo de esta actividad es justo? Explique por qué.					
_____					
¡Muchas gracias por su participación y comentarios!					
Por favor devolver formulario a miembros del equipo científico de CC-Mar					

### Anexo 8. Archivo Excel para digitalización de datos de los monitoreos

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	
	estacion	luna	no.tripulantes	no.pescadores	hora.inic	hora.fin	tiempo.pesci	sitio	habitat	hora.captura	spp.cod	especie	nombre	familia	genero	lt	ln	liberaci	marca	pescador	comentarios	
1	seca	creciente	8	5	07:10	13:50	06:40	H6	Manglar	09:33	lno	Lutjanus novem	Pargo dientón/cub	Lutjanidae	Lutjanus	35	33.3	si	BSE-140	Aren Vargas	corroborar identificación	
2							00:00		#N/A		lco	Lutjanus colora	Pargo colorado/gu	Lutjanidae	Lutjanus							
3							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
4							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
5							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
6							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
7							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
8							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
9							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
10							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
11							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
12							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
13							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
14							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
15							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
16							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
17							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
18							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
19							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
20							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
21							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
22							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
23							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
24							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
25							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
26							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
27							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
28							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
29							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
30							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
31							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
32							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
33							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
34							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
35							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
36							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
37							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
38							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
39							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
40							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
41							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
42							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
43							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
44							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
45							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
46							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
47							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
48							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
49							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
50							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							
51							00:00		#N/A			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A							

## Anexo 9. Plantilla memoria de talleres y evento

<p style="text-align: center;"><b>Taller</b> Nombre</p> <p>Fecha: Lugar:</p> <p><b>Personas facilitadoras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre y organización/institución de las personas que facilitan taller</li> </ul> <p><b>OBJETIVOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enumerar los objetivos</li> </ul> <p><b>CONTEXTO</b> Breve descripción del proyecto e historia y justificación del taller.</p> <p><b>MÉTODOS</b> Descripción concisa de dinámica del taller, sus diferentes etapas y dinámicas implementadas, cómo se involucraron las personas (pasivamente, individualmente, grupalmente, etc). Cómo fue la convocatoria.</p> <p style="text-align: center;">Cuadro 1. Agenda del Taller 1 Tomar información del Excel de planificación.</p> <p style="text-align: center;">Cuadro 2. Descripción de las dinámicas grupales. Tomar información del Excel de planificación.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Actividad</th> <th style="width: 30%;">Objetivo</th> <th style="width: 60%;">Descripción de la dinámica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Detalles de <a href="#">las dinámicas</a> en Anexo 1.</p> <p>"Hubo consentimiento informado para..."</p> <p>Describir cierre actividad.</p> <p><b>RESULTADOS</b></p> <p><b>Asistencia</b> "Al taller asistieron # personas representantes de múltiples sectores de la comunidad (Cuadro 3, Anexo 2). Descripción general de quiénes/qué sectores estuvieron presentes"</p>	Actividad	Objetivo	Descripción de la dinámica	1.			2.			<p style="text-align: center;">Cuadro 3. Clasificación resumida por sector de los actores participantes del taller.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Sector de la comunidad</th> <th style="width: 60%;">Representantes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Empresarios</td> <td>- Tour operadores marinos locales - Agencias de turismo - Hoteleros y restaurantes</td> </tr> <tr> <td>Organismos públicos</td> <td>- ACG – COLAC - Municipalidad</td> </tr> <tr> <td>ONGs locales</td> <td>- Equipo Iora Carey</td> </tr> <tr> <td>Organizaciones comunitarias</td> <td>- CETUR - Aso. Tour Operadores Marinos - CTC La Cruz</td> </tr> <tr> <td>Miembros comunidad</td> <td>- Pescadores - Otros individuos</td> </tr> <tr> <td>Academia</td> <td>- UCR – CIMAR</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Resultados</b></p> <p>Dinámica 1. <del>xxxxxx</del></p> <p>Descripción general de los resultados.</p> <p style="text-align: center;">Fig. 1. Respuesta de las persona participantes sobre... Fotografías de materiales resultantes.</p> <p style="text-align: center;">Fig. 2. Respuesta de las persona participantes sobre... Fotografías de materiales resultantes.</p> <p>Dinámica 2. <del>xxxxxx</del></p> <p>Igual que en dinámica anterior.</p> <p><b>CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES GENERALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Breve enumeración de conclusiones generales, observaciones, entre otros.</li> <li>Cómo estos resultados aportan a las <a href="#">siguiente etapas</a>.</li> <li>Basarse en apuntes realizados durante el taller.</li> </ul>	Sector de la comunidad	Representantes	Empresarios	- Tour operadores marinos locales - Agencias de turismo - Hoteleros y restaurantes	Organismos públicos	- ACG – COLAC - Municipalidad	ONGs locales	- Equipo Iora Carey	Organizaciones comunitarias	- CETUR - Aso. Tour Operadores Marinos - CTC La Cruz	Miembros comunidad	- Pescadores - Otros individuos	Academia	- UCR – CIMAR	<p><b>ANEXOS</b></p> <p>Agregar anexos como se considere necesario.</p> <p><b>Anexo 1. Detalles/instrucciones dinámicas</b> Copiar del Excel de planificación.</p> <p><b>Anexo 2. Fotografía de listas de asistencia</b></p> <p><b>Anexo 3. Evidencias de participación durante el taller (fotografías)</b></p>
Actividad	Objetivo	Descripción de la dinámica																							
1.																									
2.																									
Sector de la comunidad	Representantes																								
Empresarios	- Tour operadores marinos locales - Agencias de turismo - Hoteleros y restaurantes																								
Organismos públicos	- ACG – COLAC - Municipalidad																								
ONGs locales	- Equipo Iora Carey																								
Organizaciones comunitarias	- CETUR - Aso. Tour Operadores Marinos - CTC La Cruz																								
Miembros comunidad	- Pescadores - Otros individuos																								
Academia	- UCR – CIMAR																								

Este es para el resumen rápido tras cada evento, para compartir con las autoridades.  
Cada cierto tiempo hacer informes más exhaustivos con más figuras. Y datos comparativos a monitoreos previos.

**RESUMEN RESULTADOS  
MONITOREO DE PESCA-LIBERACIÓN CON ENFOQUE DE CIENCIA  
CIUDADANA  
ÁREA MARINA DE MANEJO BAHÍA SANTA ELENA**

**Fecha:**

**Objetivo:**

Descripción del objetivo

**Métodos**

Métodos generales, y citar protocolo de monitoreo para más detalle. Indicar si hubo alguna variación.

**Resultados preliminares**

**Describir brevemente resultados de participación, de capturas y si aconteció algo en particular o si se notaron puntos de mejora para la próxima**

Cuadro 1

Resumen de datos de capturas durante el # Evento de monitoreo con pesca-liberación y ciencia ciudadana.

Parámetro	Evento #
Número embarcaciones	5
Número personas pescando	27
Número total capturas	85
Número Especies capturadas	29

Cuadro 2

Lista de especies encontradas

Extrare datos del Excel de digitalización de datos de peces

Figura 1. Gráficos de capturas (opcional)

**Siguientes pasos**

- Enlistar puntos de mejora o planes de futuros monitoreos.

**Evidencias actividades**

Fotografías.

## CONCLUSIONES

A través de esta tesis fue posible (1) encontrar más evidencia del importante papel de Bahía Santa Elena para las primeras etapas de vida de los pargos comercialmente importantes, beneficiando el ecosistema y a las pesquerías a través de efectos “spill-over”, de los pargos colorado y dientón, (2) demostrar patrones estacionales en el comportamiento de los pargos en relación con el afloramiento, lo que sugiere la necesidad de un manejo adaptativo dinámico frente al cambio climático, (3) mostrar comportamientos específicos de las especies de pargo, observados en los patrones de movimiento de *L. colorado* y *L. novemfasciatus* y en los patrones de distribución de todos los pargos muestreados durante los eventos de ciencia ciudadana, lo cual debe considerarse al diseñar estrategias de manejo, (4) demostrar la efectividad de implementar el enfoque de ciencia ciudadana en el monitoreo basado en la captura y liberación para la bahía, y (5) generar un protocolo de monitoreo de ciencia ciudadana que aborde objetivos científicos, ambientales, de gestión y socioeconómicos, basado en estrategias de participación e implementación que aseguren su costo-efectividad, su viabilidad y el involucramiento activo de los miembros de la comunidad. Este enfoque no solo mejora nuestra comprensión del comportamiento de los pargos, sino que también demuestra el valor de usar tecnología, colaboración y ciencia ciudadana para informar las evaluaciones de biodiversidad y promover la gestión pesquera sostenible.

La mayoría de los pargos se encontraron en tamaños relativamente pequeños y se beneficiaron de la conectividad entre los diferentes ambientes que se encuentran dentro de la Bahía de Santa Elena. Esto probablemente contribuye su eventual emigración de la bahía. Para algunas especies, fue más evidente ya que se observó una segregación de tamaño con individuos más pequeños en las regiones internas de la bahía donde se encuentran parches de manglares e individuos más grandes en los ambientes exteriores del arrecife. Además, fue el primer estudio en monitorear acústicamente *L. colorado* y *L. novemfasciatus*, lo que

proporcionó información sobre su comportamiento y evidencia adicional del papel de la bahía en las primeras etapas de la vida de los pargos. El alto uso del manglar y su permanencia a largo plazo, pero con una disminución en la probabilidad de ocurrencia a lo largo del tiempo, también son indicadores de que la Bahía de Santa Elena actúa como un lugar de crianza efectivo. Será clave dar continuidad a esfuerzos para evaluar la conectividad entre la bahía y otros entornos fuera de ella a los que los pargos pueden trasladarse a medida que crecen.

El estudio también mostró la relevancia de considerar comportamientos específicos de cada especie para diseñar estrategias de manejo sólidas y también dio como resultado ideas para nuevas investigaciones que podrían ayudar a mejorar la comprensión de cómo los pargos usan la bahía. Los resultados mostraron que es probable que las interacciones biológicas (por ejemplo, interacciones depredador-presa) experimenten un fuerte cambio entre los meses de afloramiento y los meses sin afloramiento, lo que puede ser uno de los principales impulsores de los movimientos y la distribución de los pargos. Estos resultados sugieren la necesidad de realizar más estudios integrales que consideren la heterogeneidad oceanográfica dentro de la bahía, junto con la dinámica biológica, como la productividad y la ecología trófica. También se sugiere continuar implementando el monitoreo de pargos a través de la ciencia ciudadana junto con otras técnicas complementarias para comprender cómo estas especies simpátricas comparten los recursos.

La integración de la ciencia ciudadana permitió la recopilación de datos adicionales sobre la distribución de los pargos. Un protocolo co-diseñado que involucró a operadores turísticos de pesca deportiva y otros actores comunitarios e institucionales facilitó la recopilación de información valiosa sobre la distribución de los pargos y la composición de especies en diferentes ambientes de la bahía. Este enfoque colaborativo destaca la importancia de involucrar a diversas partes interesadas y subraya la rentabilidad de la ciencia ciudadana a la hora de generar datos esenciales para la gestión pesquera. Aún más, el protocolo resultante es una contribución al Área Marina de Manejo y sus comunidades circundantes. El Área Marina de Manejo fue creada tras un proceso participativo con el objetivo de brindar beneficios de conservación, así como incentivos socioeconómicos para las

comunidades locales. Así, la ciencia ciudadana tiene el potencial de satisfacer las necesidades del área de manejo, los administradores pesqueros y la comunidad local. El protocolo también sirve como modelo que puede implementarse en otros lugares.

## CONCLUSIONS

Through this thesis it was possible to (1) find further evidence of the important role of Santa Elena Bay for early life-stages of commercially important snappers, benefitting ecosystem and fisheries through spillover effects for the colorado and pacific dog snappers, (2) demonstrate seasonal patterns in the behavior of the snappers in relation to the upwelling, suggesting the need for dynamic adaptive management in the face of climate change (3) show species-specific behaviors were observed on the movement patterns of *L. colorado* and *L. novemfasciatus* as well as on the distribution patterns of all snappers sampled during the citizen science events, which should be considered when designing management strategies, (4) prove the effectiveness of implementing the citizen science approach in catch-release-based monitoring for the bay, and (5) generate a citizen science monitoring protocol that addresses scientific, environmental, management and socioeconomic goals, based on participation and implementation strategies that ensure its cost-effectiveness, its viability and active involvement con community members. This approach not only enhances our understanding of snapper behavior but also demonstrates the value of combining technology and citizen science in informing biodiversity assessments and promoting sustainable fisheries management.

Most snappers were found at relatively small sizes and benefitting from the connectivity between the different environments found within the Santa Elena Bay which is likely contributing to their eventual emigration from the bay. For some species, it was more evident as a size segregation was observed with smaller individuals in the inner regions of the bay where lager mangrove patches are found and larger individuals in the outer reef environments. Additionally, it was the first study to acoustically monitor *L. colorado* and *L. novemfasciatus*, which provided

insights into their behavior and further evidence the role of the bay for early life stages of snappers. The high use of the mangrove, long-term permanence but with declines in the probability of occurrence through time are also indicators of the Santa Elena Bay acting as an effective nursery ground. Continued efforts to identify further connectivity between the bay and other environments outside of it to which snappers may be moving to as they grow.

The study also showed the relevance of considering species-specific behaviors to design sound management strategies and also resulted in ideas for new research that could help enhance the understanding of how snappers use the bay. Additionally, they show that it is likely that biological interactions (e.g., predator-prey interactions) undergo a strong shift between upwelling and non-upwelling months, which may be some of the main drivers of snappers movements and distribution. These results suggest the need for further comprehensive studies that consider oceanographic heterogeneity within the bay, coupled with biological dynamics, like productivity and trophic ecology. It is also suggested to continue to implement the monitoring of snappers through citizen science along with other complementing techniques to understand how these sympatric species partition resources.

The integration of citizen science allowed for the collection of additional data on snapper distribution. A co-designed protocol involving sport fishing tour operators and other community and institutional actors facilitated the gathering of valuable information on snapper distribution and species composition across different bay environments. This collaborative approach highlights the importance of engaging diverse stakeholders and underscores the cost-effectiveness of citizen science in generating essential data for fisheries management. Even more, the resulting protocol is a contribution to the Marine Management Area and its surrounding communities. The Marine Management Area was created after a participatory process with the goal of providing conservation benefits as well as socioeconomic incentives for the local communities, thus citizen science has the potential to fulfill the needs of the management area, fisheries managers, and the local community. The protocol also serves as a model that may be implemented in other locations.