

Universidad Nacional
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Escuela de Ciencias Biológicas
Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Marinos y
Dulceacuícolas

Informe Escrito Final

**Caracterización espacial de los vertebrados marinos y su aprovechamiento
económico en Bahía Santa Elena, Costa Rica**

Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Marinos y Dulceacuícolas

Fausto Enrique Arias Zumbado

Campus Omar Dengo Heredia, 2021

I. Miembros del Tribunal

Este trabajo de graduación fue Aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Marinos y Dulceacuícolas.

Firmado digitalmente
por NIDYA CECILIA
NOVA BUSTOS
(FIRMA)
Fecha: 2021.07.23
14:29:13 -06'00'

M.Sc. Nidya Nova Bustos

Representante, Decano, quién preside

Firmado digitalmente por
JORGE ENRIQUE GERARDO
BOZA ABARCA (FIRMA)
Fecha: 2021.07.23 20:11:58
-06'00'

M.Sc. Jorge Boza Abarca

Representante, Unidad Académica

Firmado digitalmente
por KAROL ULATE
NARANJO (FIRMA)
Fecha: 2021.07.27
13:57:06 -06'00'

Dra. Karol Ulate Naranjo

Tutora

Firmado digitalmente
por ANDREA PATRICIA
GARCIA ROJAS (FIRMA)
Fecha: 2021.07.24
09:33:51 -06'00'

Dra. Andrea García Rojas

Asesora

Digitally signed by
MARIO ANDRES
ESPINOZA MENDIOLA
(FIRMA)
Date: 2021.07.23
17:35:27 -06'00'

Dr. Mario Espinoza Mendiola

II. Agradecimiento

Un especial agradecimiento a la Asociación Costa Rica por Siempre y a la Fundación Waitt por brindarme la oportunidad de participar en la elaboración del “Plan de Aprovechamiento de Recursos Marinos” y en el “Protocolo de Monitoreo Biológico-Pesquero” del Área Marina de Manejo Bahía Santa Elena, dado que gracias a los datos obtenidos con las comunidades se logró mejorar la percepción de las actividades económicas de la zona.

Agradezco a la Escuela de Ciencias Biológicas y la estación de Biología marina por brindarme la oportunidad de participar en el proyecto SIA: 0592-16 llamado: Ensamblaje de las comunidades en arrecifes rocosos, un indicador estable en la salud de nuestras áreas marinas protegidas en el Pacífico costarricense, el cual, me brindo las bases metodológicas para realizar esta investigación.

A mi comité asesor, porque su apoyo e interés real en este trabajo lo hicieron posible, sus aportes como científicos y docentes en mi formación académica me brindaron las herramientas necesarias para afrontar esta investigación con entereza y llevarla a buen “puerto”.

De igual manera, a la empresa de pesca deportiva Ocean Dreams, al gran capitán y amigo Keylor Fernando Alfaro Lara, quien sacrificó horas laborales e intereses económicos en procura de este proyecto. Por último, pero no menos importante a ese grupo de colegas y amigos quienes me brindaron su apoyo y acompañamiento, durante todo el proceso.

III. Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mi familia, en especial a mis padres, porque sin su apoyo, paciencia y formación nada de esto sería posible. A mi madre, María Elena Zumbado Arce por ser mi pilar y en especial a mi padre Fausto Enrique Arias Samudio, porque definitivamente fuiste tú quien me enseñó a amar el Océano y sus habitantes. Gracias porque hasta el último de tus días siempre me mostraste un interés real por mi vocación y formación académica, te prometí llevar tu nombre muy en alto y sigo trabajando día a día por cumplirte esa promesa.

IV. Índice

I. Miembros del Tribunal	I
II. Agradecimiento	II
III. Dedicatoria	III
IV. Índice	IV
V. Índice de cuadros	VI
VI. Índice de figuras	VI
VII. Abreviaturas o acrónimos	VIII
VIII. Resumen	IX
1. Introducción	10
1.1 Antecedentes	10
1.2 Justificación	12
1.3 Planteamiento del problema a investigar	14
1.4 Objetivos	15
2. Marco Teórico	15
3. Marco Metodológico	25
<i>Sitio de muestreo</i>	25
<i>Componentes geomorfológicos de la bahía</i>	26
<i>Caracterización de actividades económicas</i>	27
<i>Caracterización de los vertebrados marinos</i>	27
<i>Observaciones a bordo</i>	27
<i>Pesca deportiva</i>	28
<i>Censos visuales</i>	28
<i>Análisis de los datos biológicos</i>	28
4. Resultados	31
<i>Componentes geomorfológicos de la bahía</i>	31
<i>Caracterización de actividades económicas</i>	32

<i>Caracterización de los vertebrados marinos</i>	36
<i>Análisis de los datos biológicos</i>	43
5. Discusión	51
6. Conclusiones	62
7. Recomendaciones.....	64
8. Referencias.....	65
9. Anexos.....	78

V. Índice de cuadros

Cuadro I. Distribución demográfica obtenida de las entrevistadas en las comunidades aledañas a la bahía Santa Elena.	333
Cuadro II. Lista de especies identificadas mediante observaciones a bordo en bahía Santa Elena durante el periodo 2018-2019.	819
Cuadro III. Tabla de especies capturadas en bahía Santa Elena durante el 2018-2019 con la metodología de pesca deportiva.	819
Cuadro IV. Lista de peces óseos y cartilagosos reportados mediante censos visuales para bahía Santa Elena.	82

VI. Índice de figuras

Figura 1. Mapa de la bahía de Santa Elena, ubicada dentro del Golfo de Santa Elena en la zona norte del Pacífico costarricense.	25
Figura 2. Batimetría de BSE. Tomado de Lizano y Alfaro (2014).....	26
Figura 3. Mapa de bahía Santa Elena con su respectiva distribución de sitios de muestreo y los diferentes sustratos presentes en cada uno de los sitios.....	322
Figura 4. Distribución del uso de los artes de pesca en los sectores del golfo de Santa Elena	33
Figura 5. Número de especies objetivo de los diferentes artes de pesca utilizados por las comunidades aledañas en la bahía Santa Elena.....	34
Figura 6. Distribución de las actividades pesqueras identificadas en la bahía Santa Elena.	35
Figura 7. Distribución de las actividades económicas realizadas en la bahía Santa Elena por los usuarios de las comunidades aledañas.	366
Figura 8. Acumulado total de especies reportadas para cada metodología aplicada durante el periodo de muestreo en bahía Santa Elena.....	377
Figura 9. Número de especies acumuladas según su grupo taxonómico mediante las tres técnicas de muestreo biológico utilizadas en bahía Santa Elena.	38
Figura 10. Número de avistamientos a bordo por grupo taxonómico en los diferentes sustratos muestreados de bahía Santa Elena.....	399
Figura 11. Distribución de avistamientos por hora a lo largo del año de muestreo en bahía Santa Elena.	399
Figura 12. Número de capturas acumuladas en los diversos sustratos muestreados durante un año en bahía Santa Elena.	40
Figura 13. Distribución del peso acumulado capturado y el número de individuos correspondiente a cada familia reportada, durante el muestreo 2018-2019 en bahía Santa Elena	411
Figura 14. Distribución de tallas de las principales especies capturadas en BSE y sus respectivas <i>L50</i> (talla media de maduración sexual).....	422
Figura 15. Abundancia de organismos censados durante el periodo de muestreo según sus respectivos niveles tróficos	433
Figura 16. Curva de acumulación de especies obtenidas durante el periodo de muestreo 2018-2019 en bahía Santa Elena.	444
Figura 17. Análisis del índice de similitud de Jaccard de las comunidades de vertebrados marinos reportados en los sitios muestreados dentro de la bahía Santa Elena durante el periodo 2018-2019.	455
Figura 18. Análisis del índice de similitud de Jaccard entre las comunidades de vertebrados marinos reportados mensualmente durante el 2018-2019 en la bahía Santa Elena.....	466

Figura 19. Análisis de dominancia de especies según los sustratos presentes en bahía Santa Elena, tomando en cuenta la biomasa calculada (A) y la densidad de individuos observados (B) en el periodo de muestreo. 487

Figura 20. Distribución temporal de las biomاسas por nivel trófico presente en los sustratos de bahía Santa Elena. 508

VII. Abreviaturas o acrónimos

ACG	Área de Conservación Guanacaste
AMM	Área Marina de Manejo
AMP	Área Marina Protegida
BSE	Bahía Santa Elena
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
IMN	Instituto Meteorológico Costarricense
INCOPESCA	Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
ONG	Organizaciones No Gubernamentales
PRONAMEC	Programa Nacional de Monitoreo Ecológico
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNA	Universidad Nacional
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

VIII. Resumen

En este trabajo se realizó una caracterización geomorfológica de los sustratos marinos y los elementos abióticos asociados a la bahía Santa Elena, donde encontramos arrecifes rocosos, playas arenosas, playas rocosas y zonas fangosas con cobertura de bosques de manglar. Se identificó la pesca extractiva como la principal actividad socio-económica que se desarrolla dentro y alrededor de la bahía por las comunidades de Cuajiniquil, El Jobo y Puerto Soley, presentando diferentes subdivisiones como la pesca artesanal, de palangre, subacuática, deportiva y de peces ornamentales, también se identificaron actividades turísticas no extractivas como el avistamiento de cetáceos, buceo y recorridos con fines eco-turísticos que dimensionan la diversidad de servicios ecosistémicos que aporta la bahía a las comunidades. Aunado a esto se identificaron 128 especies de vertebrados marinos pertenecientes a cuatro grupos taxonómicos (cetáceos, reptiles, peces óseos y cartilaginosos) durante el 2018-2019 en el sitio de estudio, con una dinámica poblacional influenciada principalmente por el tipo de sustrato y la marcada variación estacional producto del afloramiento costero del Pacífico Norte costarricense. Los niveles tróficos superiores (piscívoros y macroinvertívoros) dominan la bahía tanto por densidad de individuos como por biomasa estimada, evidenciando la salud ecosistémica del lugar. Mediante los análisis poblacionales se planteó el rol como zona de crianza, descanso o alimentación de este sitio en muchas especies de vertebrados marinos, justificando la categoría de Área Marina de Manejo (AMM) decretada por el gobierno en 2018 y que responde a la necesidad de gestionar este sitio en conjunto con las comunidades locales. Este documento brinda un mapeo geomorfológico de sus hábitats, actores y actividades económicas, así como proporciona una línea base de vertebrados marinos mediante tres técnicas de muestreo (observaciones a bordo, Pesca deportiva y censos visuales) en la bahía Santa Elena al ser decretada AMM, aportando una herramienta integral para mejorar la gestión.

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La diversidad de estudios en la región del Pacífico Norte costarricense varía en temas como geología (Denyer & Kusssmaul, 2000), meteorología (Alfaro, 2002), oceanografía (Lizano & Alfaro, 2014; Tisseaux-Navarro, Salazar-Ceciliano, Cambronero-Solano, Vargas-Hernández, & Marquez, 2021) y biología (Bassey, 2010; Beita-Jiménez et al., 2019; Eisele et al., 2020; Martínez-Fernández et al., 2011, 2014; Zanella & López, 2012); siendo el tema de biología el más heterogéneo en sus objetos de estudio, debido a la alta biodiversidad de la zona. Los enfoques oscilan en temáticas de carácter social (Román, 2007; Sánchez-Jiménez et al., 2014; Villalobos-Rojas et al., 2014), económico (Naranjo, 2011; Villalobos-Rojas et al., 2014) y de conservación (Beita-Jiménez et al., 2019; Zanella & López, 2012). Dicho lo anterior, estos estudios corresponden a interpretaciones aisladas y poco articuladas, lo cual limita las posibilidades de llevar a cabo conclusiones sistémicas orientadas a propiciar un manejo adecuado de los recursos biológicos; dichos recursos de ser administrados de una manera ecosistémica integral mejorarían la relación que existe en temas sociales, económicos y biológicos de la región Norte del país.

Hay que mencionar, además, de una revisión bibliográfica realizada por (Cortés, 2012), recopila todas las investigaciones llevadas a cabo en el Pacífico Norte de Costa Rica hasta el año 2012, incluyendo la Bahía Santa Elena, donde se determinó que el 54% de estos estudios se enfocan en invertebrados marinos como crustáceos, moluscos y cnidarios, mientras que solo el 21% es abarcado por estudios ecológicos y en menor medida, estudios sobre manglares. Lo cual evidencia una falta de información en temas de pesquerías y otros grupos como platelmintos o nematodos. Dentro de todos los estudios realizados a vertebrados marinos podemos encontrar principalmente temáticas enfocadas a cetáceos, peces cartilagosos y peces coralinos, en este último grupo se menciona de manera general su diversidad de especies y la presión pesquera que sufren estos organismos producto de las comunidades de pescadores cercanas al Área de Conservación Guanacaste (ACG) y a la bahía de Santa Elena (BSE) (Espinoza et al., 2020; Villalobos-Rojas et al., 2014; Zanella & López, 2012).

También la mayoría de trabajos utilizan como sitios de estudio el conjunto de bahías

del ACG en el Pacífico Norte costarricense (Bassegy, 2010; Cortés, 2012; Espinoza et al., 2011a; Martínez-Fernández et al., 2011, 2014; Rodríguez-Sáenz & Morales-Ramírez, 2012). Sin embargo, la falta de estudios puntuales y de integración ecológica en la bahía de Santa Elena, evidencia los vacíos de información biológica que se mencionan en el documento de GRUAS II (SINAC, 2009a), factor que fue abordado por el país en procura de solventar la necesidad de elaborar una herramienta para la gestión de la bahía (SINAC, 2017).

Además gran parte de los trabajos en fauna marina que se han realizado en el Pacífico Norte del país, se han llevado a cabo específicamente en bahía Culebra, los cuales corresponden a microinvertebrados marinos, bentónicos y pelágicos como los principales grupos de investigación (Cortés, 2012). En relación al mesozooplankton se estudió su abundancia, composición y distribución correlacionado a la zona de afloramiento costero.

Por lo que se determinó que los grupos de copépodos, ostracodos y huevos de invertebrados son los más importantes del zooplankton, presentando una mayor abundancia en la época seca y con una distribución heterogénea entre la parte interna y externa de Bahía Culebra, reflejando la influencia de la surgencia costera que presenta la región (Eisele et al., 2020; Rodríguez-Sáenz & Morales-Ramírez, 2012; M. Stukel et al., 2015).

Igualmente, para los macroinvertebrados marinos en Bahía Culebra, Vargas-Castillo (2012) reportó 109 especies pertenecientes al orden decápoda en 11 familias distintas, donde existe la probabilidad de un mayor número de especies, que no han sido reportadas por falta de estudios de ciertos ambientes, además de poca documentación en cuanto a microcrustáceos bentónicos. Con respecto a los moluscos, se han realizado algunos estudios entre los cuales se puede mencionar, la comparación de poblaciones en áreas rocosas de caracoles (*Acanthina brevidentata*), en los que se estimaron los parámetros biométricos, distribución de tallas y dispersión espacial. Estas variables mostraron diferencias significativas que responden a factores como el sustrato e influencia de la zona intermareal (Madrigal et al., 1983); sin embargo, este grupo presenta poca información actualizada. Todas las investigaciones corresponden a estudios poblacionales de invertebrados marinos en zonas intermareales o playas arenosas de la zona Norte del país (Sibaja-Cordero, Camacho-García, & Vargas-Castillo, 2014).

Para el orden Cetacea se han efectuado algunos estudios por Martínez-Fernández y colaboradores (2011), ellos realizaron una caracterización de las especies presentes en Isla

del Caño y Bahía de Santa Elena, reportando avistamientos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), delfín manchado (*Stenella attenuata*) y delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) en BSE. Martínez-Fernández y colaboradores (2014) identificaron las áreas de congregación de cetáceos para el Pacífico Norte de Costa Rica, demostrando que BSE es utilizada por varias especies como sitios de agrupamiento para alimentación, crianza y descanso.

Los estudios mencionados anteriormente, evidencian poca información de ciertos grupos marinos, como por ejemplo vertebrados de interés comercial, especialmente peces óseos, los cuales sustentan la economía de las comunidades cercanas (Villalobos-Rojas et al., 2014) y cartilagosos, algunos de estos categorizados como “Datos Deficientes” (DD) e incluso en “Peligro Crítico de Extinción” (CR) según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Eisele et al., 2020; Espinoza et al., 2020). Debido a esto, se identificó la necesidad de realizar estudios integrales de los vertebrados marinos con quelonios, cetáceos, condriictios y peces óseos presentes en la bahía, con el fin de generar una línea base que contribuya en la caracterización de los hábitats críticos mencionados en el documento GRUAS II (SINAC, 2009b), con el fin de aportar una herramienta que permita la mejora en el ordenamiento y elaboración de medidas articuladas para el manejo de la zona.

1.2 Justificación

A nivel mundial, Costa Rica es reconocida por sus riquezas naturales, gran parte de estas se encuentran en el área terrestre, debido a los esfuerzos del país por crear la mayor cantidad de áreas protegidas. El espacio marino territorial del país es aproximadamente once veces mayor al espacio terrestre territorial, no obstante, la falta de fiscalización e implementación de áreas marinas de conservación representa un grave problema para el ordenamiento de los diversos hábitats que existen y para las especies asociadas a ellos.

En el 2009, se generó una serie de informes sobre áreas esenciales para la conservación de ciertas especies, con el fin de preservar la biodiversidad marina y mantener el buen funcionamiento del ecosistema. Por lo que se han priorizado sitios como el ACG, específicamente la bahía de Santa Elena y ACT, con las comunidades aledañas a la Reserva Natural Absoluta Cabo Blanco, Cabuya y Malpaís, en la creación de Áreas Marinas de

Manejo atendiendo necesidad de desarrollar información biológica actualizada, de interés para las comunidades y del gobierno en brindar espacios regulados en su uso que garanticen la perpetuidad de los recursos marinos (SINAC, 2009a). En el caso, del V Congreso Mundial de Parques de la Unión Internacional para la Conservación (UICN), nuestro gobierno asumió el reto de asignar algún grado de protección al menos en un 10% del territorio marino nacional (CIZEE-CR, 2008), como resultado de este compromiso se le asignó a la bahía Santa Elena la categoría de Área Marina de Manejo el 5 de junio del 2018 (Decreto Ejecutivo 41171).

Uno de los principales inconvenientes que presenta el ACG en su zona marina, es la falta de estrategias de manejo adecuadas y medidas de protección eficaces (Zanella & López, 2012). Adicional a esto, la falta de información biológica integrada de BSE dificulta la toma de medidas de ordenamiento con respecto a actividades pesqueras y turísticas, que puedan alterar la dinámica ecosistémica que se desarrolla en el área.

La carente información de los vertebrados marinos presentes en BSE, la ubicación geográfica de está dentro de la zona de afloramiento costero del Pacífico Norte costarricense y las variaciones que se generan en los parámetros físico-químicos del medio, da como resultado una sucesión de especies a lo largo del año, la cual no ha sido reportada para los vertebrados marinos que utilizan la bahía; pero que si es de conocimiento empírico de los usuarios de las comunidades de Puerto Soley, Cuajiniquil y el Jobo, debido a su importancia económica.

La diversidad de actividades económicas que se realizan en la bahía, incluyendo la pesca y el turismo, generan la necesidad de realizar una zonificación de los diferentes micro-hábitats presentes en el área. Estudios similares realizados en el Golfo de California con base a la cobertura de los bosques de manglar y su relación con el aporte de biomasa de pargos (*Lutjanidae*), han logrado dimensionar un servicio ecosistémico del manglar, el cual es cuantificable en montos económicos y que según algunos investigadores, está sumamente subestimado por la ley Mexicana, dimensionando la necesidad de mayores estudios económicos de los ecosistemas y recursos marinos (Aburto-Oropeza et al., 2008)

La descripción de los hábitats presentes en la zona de estudio y el tipo de actividades económicas que se realizan en el lugar, permite identificar posibles zonas claves utilizadas por los diferentes usuarios presentes en la bahía (Loría-Naranjo et al., 2014; J. A. Sibaja-

Cordero & García-Méndez, 2014), brindando una línea base sólida de manejo integrado. Estas zonas son críticas para asegurar la perpetuidad en el tiempo de los recursos pesqueros y la presencia de las especies de interés turístico, considerando que el desarrollo económico de la comunidad depende de dichos recursos (Aburto-Oropeza et al., 2008).

El propósito de esta investigación fue recopilar información sobre la dinámica poblacional de los vertebrados marinos presentes en la bahía Santa Elena a lo largo de un año; esta información contribuyó al entendimiento del rol ecosistémico que cumple la bahía en los ciclos de vida de estos organismos, a su vez proporcionó herramientas básicas para el proceso de ordenamiento pesquero del área marina de manejo bahía Santa Elena (AMM-BSE), que busca mitigar el impacto del uso de estos recursos por las comunidades aledañas.

1.3 Planteamiento del problema a investigar

Debido a la falta de información sobre la diversidad de vertebrados marinos presentes en la bahía Santa Elena, es necesario generar una línea base de información que contribuya con el ordenamiento efectivo de la bahía, así como identificar las principales actividades económicas que se desarrollan alrededor de esta fauna marina.

Por lo tanto, surge la pregunta: ¿Cuáles especies de vertebrados marinos están presentes en bahía Santa Elena y cómo estos organismos son utilizados por las comunidades de Puerto Soley, Cuajiniquíl y el Jobo para la generación de ingresos económicos?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar espacial y temporalmente la dinámica poblacional de los vertebrados marinos presentes mediante la aplicación de técnicas de muestreos *in situ* y consulta de usuarios, incluyendo formas de aprovechamiento, como contribución para la implementación de un proceso de ordenamiento en bahía Santa Elena.

1.4.2 Objetivos específicos

- I. Describir espacialmente la bahía Santa Elena, incluyendo componentes geomorfológicos y usos antropogénicos que se realizan en la zona.
- II. Identificar mediante muestreos visuales *in situ* los vertebrados marinos que utilizan la bahía a lo largo de un año.
- III. Relacionar espacial y temporalmente los componentes geomorfológicos de la bahía con los parámetros poblacionales de los vertebrados marinos, para generar recomendaciones con la información integrada.

2. Marco Teórico

Costa Rica presenta un área marina superficial de 568 054 km² aproximadamente, con una alta diversidad de ambientes marinos, donde se encuentran sistemas arrecifales, manglares, estuarios, playas lodosas, rocosas, arenosas, acantilados submarinos, áreas de surgencia, islas costeras, oceánicas, bahías, fosas oceánicas, un fiordo tropical, ventilas hidrotermales, praderas de pastos marinos, una dorsal oceánica y un domo térmico (Bohrmann et al., 2002; Wehrtmann & Cortés, 2009). La bahía Santa Elena está ubicada en el golfo de Santa Elena, la cual, corresponde al límite Norte del Parque Nacional Santa Rosa del Área de Conservación Guanacaste (ACG), esta área protegida se extiende desde Bahía Tomás en las cercanías de Cuajiniquil, la cual se ubica en el cantón de La Cruz, hasta los cerros Carbonal, que pertenece al cantón de Liberia, en el Pacífico Norte costarricense. Posee alrededor de 158 000 hectáreas, de las cuales 43 000 son de carácter marino, con una extensión de 110 km de línea costera (Zanella & López, 2012).

La caracterización climatológica del Pacífico Norte costarricense, según el Instituto

Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN), describe este sector como una región bastante árida, con un periodo de precipitación escaso que va de los meses de Mayo a Octubre, interrumpido por la Canícula o “veranillo de San Juan”, que se presenta normalmente durante el mes de Julio (Lizano & Alfaro, 2014). Los vientos alisios predominan en la zona del Pacífico Norte, durante el invierno y primavera boreal, con una dirección del viento hacia el Este, disminuyendo su influencia al llegar el verano y otoño boreal (Alfaro, 2002). La posición de la zona de confluencia intertropical (ZCIT) durante el verano y otoño boreal se ve desplazada hacia el Norte, intensificando los vientos Oeste ecuatoriales, estos poseen una mayor humedad y temperatura, lo cual contrarresta los vientos alisios que tienden a ser más fríos y secos (Lizano, 2007).

La bahía de Santa Elena está ubicada en la península de Santa Elena esta posee junto a la península de Nicoya el registro fósil de rocas más antiguo del país, que datan del periodo Jurásico–Cretácico (200 y 65 millones de años respectivamente). La composición de estas rocas es de origen sedimentario (radiolaritas), estas conformaron el fondo oceánico profundo, además se encuentran en estas zonas, rocas sumamente antiguas que provienen del manto terrestre (peridotita), siendo estos los registros geológicos más antiguos del área (Bassey, 2010).

El proceso geológico que da lugar a la formación de la zona Norte del Pacífico costarricense, es conocido como formación de Brito, la cual dio inicio al levantamiento de la península de Santa Elena, comenzando con la bahía de playa Blanca y demás bahías cercanas como BSE, Cuajiniquil, Junquillal, Santa Rosa y el sector de islas Murciélagos, la última bahía en formarse durante este proceso es bahía Salinas. De acuerdo a varios estudios la edad de esta zona oscila entre los 65 a 30 millones de años, aunque el consenso la ubica en unos 35 millones de años de edad (Denyer, Cortéz y Cárdenes, 2005).

La bahía Santa Elena se denomina como una bahía semi-cerrada, donde su entrada se ubica dentro del Golfo de Santa Elena ($84^{\circ}48'16''$ W, $10^{\circ}56'36''$ N), con profundidades de 30-35 m en la zona más externa que disminuye gradualmente hacia el interior (Lizano & Alfaro, 2014). Las variables oceanográficas de esta bahía muestran una estratificación característica de sistemas estuarinos negativos, producto de la baja precipitación presente en la zona y la dinámica aportada por la intensidad de los vientos. Sin embargo, este comportamiento estuarino no es constante a lo largo del año y varía en dependencia de las

fluctuaciones de los factores como la tasa de precipitación e intensidad de los vientos, típicas de la región. La variabilidad de los parámetros de la columna de agua presente en la bahía está estrechamente ligada a su vez a los ciclos mareales (Tisseaux-Navarro et al., 2021).

El Pacífico Norte costarricense posee una alta diversidad de fauna marina debido a la sumatoria de varios factores, como lo son la dinámica de nutrientes, la morfología de la línea costera y la influencia de corrientes oceánicas. Otros aspectos geográficos que influyen directamente en la biodiversidad de la región son, el movimiento cíclico de la zona de convergencia intertropical y la presencia de eventos de surgencia costera, generados por la influencia de los vientos alisios provenientes del Caribe (Banichevich & Lizano, 1998; Eisele et al., 2020; Lizano, 2016; Stukel et al., 2015). Estas características generan una alta abundancia de invertebrados y vertebrados marinos, producto de condiciones favorables para el desarrollo de sus respectivos ciclos de vida o bien del favorecimiento de condiciones para su reproducción. La alta dinámica del plancton en esta zona permite el desarrollo de gran variedad de cadenas tróficas del zooplancton y mesoplancton, que culminan con la presencia de meso-depredadores o depredadores tope en la región, atraídos por la abundancia de recursos (Eisele et al., 2020; Rodríguez-Sáenz & Morales-Ramírez, 2012; M. R. Stukel et al., 2015).

Dicho todo lo anterior, la biodiversidad marina forma parte fundamental de la sociedad, debido a su uso como fuente de recursos alimenticios. Las actividades extractivas realizadas por las comunidades costeras generan fuentes de empleo, ya que una gran cantidad de especies marinas constituyen recursos fundamentales de interés comercial. Por ello la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha generado bases de información necesarias que permitan la identificación de especies utilizadas comercialmente, con el fin de proporcionar una herramienta que ayude a la caracterización y distribución de los recursos, como guía para comprender y garantizar la perpetuidad de los mismos (Ramírez-Rodríguez, 2013).

La biodiversidad global esta regionalizada en 34 sitios de alta diversidad de especies, tanto terrestres como marinas; la región mesoamericana es la tercera más grande territorialmente según los estudios de biodiversidad, por su gran cantidad de especies endémicas y la influencia biogeográfica de Norte y Sur América (Myers, Mittermeier, Da Fonseca, & Kent, 2000), esta biodiversidad es analizada por sus

componentes de uso como biomasa o presión pesquera, los cuales a su vez son analizados temporalmente con el fin de cuantificar el impacto del cambio climático en estos sitios y en los recursos marinos que sustentan (Boada et al., 2015; Ramírez et al., 2017).

Por estos motivos el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAET), ha generado una serie de documentos sobre el estado de información biológica del país, los cuales son llamados informes GRUAS (SINAC, 2009a), estos buscan mejorar la información biológica mediante una adecuada representatividad de los ecosistemas presentes en la región, para un desarrollo sostenible. Por lo cual, el documento GRUAS II, volumen III; define dentro de los objetos de conservación de filtro grueso, al conjunto de sistemas marino-costeros que poseen patrones distintivos en variables ambientales y biológicas, tales como la morfología costera, la composición de especies entre otras, dentro de las cuales se pueden mencionar las áreas de surgencia, caracterizadas como zonas de la columna de agua marina que experimentan afloramientos ascendentes de nutrientes y bajas significativas en la temperatura oceánica, que propician elevaciones importantes de la productividad primaria (Contreras-Catala et al., 2015; Eisele et al., 2020; Rodríguez-Sáenz & Morales-Ramírez, 2012; M. R. Stukel et al., 2015), atrayendo concentraciones de biodiversidad marina, entre estos algunos grupos de vertebrados marinos incluidos en la lista roja de la UICN (SINAC, 2009a).

El mismo también define los objetos de conservación de filtro fino, como un grupo determinado de especies, en los cuales existe poca o nula información biológica, algunas de estas especies pueden ser de interés comercial para el país, la región o bien para la conservación según entidades internacionales, ejemplificadas por áreas de congregación de mamíferos marinos, áreas de anidación de la tortuga golfina o verde olivácea (*Lepidochelys olivacea*) y áreas de congregación de pargos (*Lutjanus spp*) y peces mero (*Epinephelus spp*) entre otros (SINAC, 2009a).

Los vertebrados marinos como los osteíctios, condriictios, reptiles (quelonios) y los cetáceos, se pueden clasificar bajo el término “vertebrados marinos”, junto con algunos representantes de los ciclóstomos y aves marinas (Obando, 2002). Por consiguiente, se puede observar que la mayoría de objetos de conservación de filtro fino, identificados en el documento GRUAS II (SINAC, 2009b), corresponden a vertebrados demersales y pelágicos, según el hábitat marino que estos utilizan.

Costa Rica posee un 3,5% de la diversidad de especies marinas reportadas a nivel global, con un importante número de especies endémicas aportadas principalmente por la Isla del Coco. La costa del Pacífico costarricense es la que mayor cantidad de especies aporta, con un número aproximado de 4 700 especies, en comparación con las 2 300 especies reportadas para la costa caribeña del país (Wehrtmann & Cortés, 2009), la región Norte del territorio nacional, específicamente el Área de Conservación Guanacaste (ACG) posee un registro aproximado de 594 especies de organismos marinos distribuidos entre vertebrados e invertebrados (Cortés, 2017).

Dentro de los vertebrados marinos de interés comercial se pueden resaltar cuatro grandes grupos, los peces óseos, los condriictios, los quelonios y los cetáceos, los cuales han sido objetos de diversas actividades económicas (Sánchez-Noguera et al., 2018). Los peces óseos y condriictios sustentan en gran medida la necesidad de proteína de primer nivel de la población mundial y corresponde al grupo de vertebrados marinos más estudiado y explotado. De manera general las poblaciones pesqueras globales se encuentran en estado de sobreexplotación o colapsadas, debido a la industrialización y desarrollo tecnológico generado en la época de la revolución industrial, en respuesta a la demanda global por recursos alimenticios (Schoijet, 2002; Szuwalski et al., 2015).

Las tortugas marinas corresponden a un grupo con características biológicas singulares, como un ciclo de vida largo, maduración sexual tardía y conducta altamente migratoria; lo cual las coloca en diversos tipos de amenazas desde sus sitios de anidación por deterioro del hábitat o saqueos de sus nidos, hasta ser capturadas por pesca incidental (Heidemeyer et al., 2014). Sin embargo, estos organismos son objetos de conservación a nivel global, donde la mayoría de los esfuerzos se han centrado en sus sitios de anidación (de Paz et al., 2002; Heidemeyer et al., 2014; Mazaris et al., 2017).

Caso similar se presenta con los cetáceos, ya que son un grupo de organismos marinos de alto interés comercial, dado que han sido utilizados como fuente de alimento, obtención de bienes de consumo y recreación (di Sciara et al., 2016; Nowacek et al., 2016). El desconocimiento sobre la biología, diversidad e importancia ecológica de este grupo en el medio, ha generado una serie de acciones de la comunidad global, con fines de investigación y protección, donde su principal objetivo fue comprender mejor su rol ecosistémico y evitar la extinción de especies fuertemente utilizadas en décadas pasadas (di Sciara et al., 2016;

Nowacek et al., 2016; Schipper et al., 2008)

La biodiversidad de vertebrados marinos en bahía Santa Elena, ha sido pobremente caracterizada, la mayoría de estudios se han enfocado en el conjunto de bahías del Pacífico Norte costarricense, con excepción de bahía Culebra, la cual presenta una fuerte descripción de su dinámica biológica y climática entre los años 1922 y 2012 (Cortés, 2012). Los temas de las publicaciones en esta bahía varían en diversidad marina, ecología y factores atmosféricos, haciendo especial énfasis en invertebrados marinos bentónicos y pelágicos, como crustáceos, moluscos y cnidarios. Con vacíos de literatura científica en temas sobre pesquerías; lo que se presenta como una tendencia de las bahías del Pacífico Norte costarricense (Cortés, 2012, 2017).

Estudios realizados en el Pacífico Norte caracterizan a bahía Santa Elena como una zona de congregación de cetáceos, identificando tres especies *Megaptera novaeangliae*, *Stenella attenuata* y *Tursiops truncatus*, como las más frecuentes en la bahía, utilizando la zona como área de crianza, descanso o bien reproducción (Martínez-Fernández et al., 2014). Adicionalmente, se apunta a que la diversidad de cetáceos en la bahía podría aumentar en respuesta a la rica productividad que posee esta zona del país por su dinámica estacional (Martínez-Fernández et al., 2011).

La ictiofauna de la zona Norte costarricense se caracteriza por una alta diversidad de peces arrecifales, estas comunidades ícticas no están necesariamente ligadas a la cobertura coralina; sin embargo, en estos sitios se pueden encontrar especies migratorias de interés para la conservación o bien de aprovechamiento comercial (Bassey, 2010; Espinoza et al., 2014; Nielsen & Quesada, 2006; Villalobos-Rojas et al., 2014).

Por otro lado, el aumento de la explotación pesquera data desde principios del siglo XX, donde el incremento de las flotas pesqueras, el mejoramiento de los sistemas de enfriamiento y la mejoría de la capacidad de almacenaje, revolucionaron e industrializaron las pesquerías de subsistencia de nivel local a uso intensivo de escala global. Esta revolución pesquera conllevó a la sobreexplotación de muchas especies de alto valor comercial, obligando a las naciones altamente dependientes de los recursos marinos a elaborar y firmar acuerdos internacionales, con el fin de mitigar el impacto sobre las especies objetivo, tratando de recuperar las poblaciones severamente disminuidas y procurando garantizar la perpetuidad de los recursos pesqueros (Dávila-Camacho et al., 2015; Schoijet, 2002; Villalobos-Rojas et

al., 2014).

No obstante, la legislación costarricense en el tema de pesquerías define los diferentes tipos de pesca que se realizan en aguas nacionales, en dependencia de las personas ya sea físicas o jurídicas, como a su vez del tipo de embarcación o arte de pesca que utilice. De las cuales podemos mencionar las principales que se desarrollan en el Pacífico Norte del país.

Pesca artesanal

Este tipo de pesca como su nombre lo indica es de tipo artesanal con cuerda o redes, realizado por personas físicas, utilizando una embarcación en aguas continentales o en la zona costera. Con autonomía para realizar sus faenas dentro de un máximo de 5 millas náuticas de la costa (Gobierno de la República de Costa Rica, 2005).

Pesca con compresores

Esta variación de pesca artesanal, corresponde a pesca con arpón, donde el buzo puede descender a profundidades superiores a los 30 metros, por lapsos más extensos de tiempo, lo que les permite faenas más largas de pesca y mayor acceso a sus presas (Naranjo, 2011).

Pesca de palangre

La pesca de palangre pertenece a la categoría de pesca comercial de avanzada, la cual puede ser realizada por personas físicas o jurídicas; con embarcaciones capacitadas para faenar a más de 40 millas náuticas, orientadas a especies pelágicas de importancia comercial (Gobierno de la República de Costa Rica, 2005).

Pesca de arrastre

Este tipo de pesca comercial se clasifica como semi-industrial, realizada por personas físicas o jurídicas, con embarcaciones orientadas a la extracción de recursos pesqueros mediante redes de arrastre, donde el principal objetivo de sus faenas es el camarón (Gobierno de la República de Costa Rica, 2005), lo cual se prohibió mediante una resolución de la Sala Constitucional N° 10540 del 07 de agosto de 2013 y fue vetada por el presidente Carlos Alvarado el 30 de octubre del 2020 por razones de conveniencia y oportunidad.

Pesca deportiva

La pesca deportiva es aquella realizada por personas físicas ya sea nacionales o extranjeros. Su finalidad es la captura o pesca con aparejos personalizados y apropiados para estas prácticas; se puede realizar en aguas continentales, jurisdiccionales o en la zona económica exclusiva, donde el objetivo es la distracción, pasatiempo, turismo o deporte y no

el lucro de las capturas realizadas (Gobierno de la República de Costa Rica, 2005).

Pesca de peces ornamentales

Esta variedad de pesca se realiza mediante el uso de buceo autónomo o de compresor, normalmente la realizan pescadores artesanales, sus objetivos son alrededor de 20 especies diferentes de peces arrecifales. En la década de los noventa, se reportan el mayor desarrollo de esta variedad de pesca artesanal en la zona de Guanacaste, principalmente. El impacto de esta actividad en la biodiversidad o dinámica de los ecosistemas no se ha podido cuantificar a nivel científico, debido a los pocos datos procesados por INCOPECA (Nielsen & Quesada, 2006; Sánchez-Jiménez et al., 2014).

La información biológica que brindan las pesquerías es fundamental sobre todo en especies de interés económico, sin embargo, estas actividades a su vez generan información de la fauna acompañante, la cual corresponde a una variedad de especies que normalmente no son el objetivo de las pesquerías. También llamada pesca incidental, esta fauna proporciona datos que son utilizados para comprender mejor la estructura de las comunidades biológicas y mejora el entendimiento de la dinámica ecosistémica en los hábitats donde se realizan las actividades pesqueras (García, 2003; Ramírez-Rodríguez, 2013).

Generalmente la utilidad de los recursos marinos se ha derivado de actividades extractivas como la pesca como fuente de ingresos económicos, aunado a esta actividad el turismo ha proporcionado una actividad económicamente rentable, debido al uso de los recursos naturales de manera no extractiva (Anderson et al., 2011; Ruiz-Sakamoto, 2015; Sánchez-Noguera et al., 2018). La diversidad de actividades económicas que se realizan en BSE, deben ser analizadas en temas de rentabilidad económica como tal. Para ello, es fundamental considerar cada una de las mismas, con el fin de generar un análisis del aporte económico que esta bahía ofrece a las comunidades a través de las diferentes actividades antropogénicas. Este aporte puede ser cuantificado mediante la inversión económica directa que esta bahía genera a sus usuarios, sin embargo, este dato estaría subvalorado al no considerarse la inversión económica indirecta que se origina alrededor de las actividades productivas en el lugar, de esta manera un análisis económico completo del sitio debe considerar tanto la inversión económica directa, como la indirecta (Ruiz-Sakamoto, 2015).

Para la región Norte del Pacífico Norte costarricense, existen dos importantes comunidades pesqueras alrededor del ACG. La comunidad de Cuajiniquil-El Jobo-Puerto

Soley y de Playas del Coco, las cuales ejercen una fuerte presión pesquera en la zona protegida, donde algunas especies de interés comercial u ornamental se encuentran disminuidas en las cercanías de las comunidades producto de su explotación (Villalobos-Rojas et al., 2014; Zanella & López, 2012).

El ACG se rodea de varias comunidades muy desarrolladas en el sector turismo, la Península de Papagayo se caracteriza por un aumento en la infraestructura hotelera. Por lo tanto, estos complejos vacacionales ofrecen a sus clientes un gran número de actividades turísticas no extractivas, como el buceo recreativo, pesca deportiva, avistamiento de cetáceos y reptiles (tortugas marinas). Las cuales son desarrolladas en los límites o dentro del área marina protegida del ACG (Román, 2007; Sánchez-Noguera et al., 2018; Zanella & López, 2012).

Sin embargo, las amenazas que afronta la región provienen de varias índoles, ya sean perturbaciones naturales como el fenómeno de El Niño, que pueden causar daños o alteraciones en la composición de las poblaciones de organismos bentónicos, modificando toda la trama trófica del lugar. Aunado a esto, los fenómenos de afloramiento costeros también pueden modificar la composición poblacional asociada a los ecosistemas del sitio (Bassey, 2010; Eisele et al., 2020; Rodríguez-Sáenz & Morales-Ramírez, 2012; M. Stukel et al., 2015).

La explotación antropogénica de los recursos marinos por actividades de carácter económico como la pesca, la contaminación por hidrocarburos, el deterioro del hábitat por sedimentación producto de la tala ilegal o el uso de anclas por embarcaciones de turismo recreativo en áreas de arrecife de coral, representan algunas amenazas no naturales, que deterioran la riqueza de los ecosistemas de las bahías del ACG (Bassey, 2010; Sánchez-Jiménez et al., 2014; Villalobos-Rojas et al., 2014).

El área de conservación Guanacaste fue declarada en el año de 1999 “Patrimonio Natural de la Humanidad”, debido al valor universal excepcional de los recursos naturales presentes en esta área de conservación, dicho reconocimiento fue otorgado por la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Esta área reúne una variedad de ecosistemas terrestres y marinos de alto valor biológico, los mismos adquieren bajo esta categoría una importancia sustancial en términos de manejo, dado que estos recursos trascienden las fronteras de país y son considerados patrimonio

natural de las actuales y futuras generaciones a nivel global (SINAC, 2017).

La bahía Santa Elena fue declarada el 5 de junio del 2018 como área marina de manejo (AMM) según el decreto ejecutivo No. 41171, categoría recientemente incorporada por el SINAC, atendiendo a la necesidad país de lograr un porcentaje significativo de protección y manejo del territorio marino nacional. La presente categoría presenta algunas particularidades de manejo, las AMM son áreas protegidas que regulan las actividades extractivas de los recursos naturales presentes en la zona. La fiscalización de las AMP normalmente es responsabilidad del sistema nacional de áreas de conservación (SINAC), sin embargo, las AMM presentan un componente social importante, debido a que la regulación y fiscalización recae en las comunidades aledañas y las autoridades del SINAC, incorporando otras instituciones públicas como el instituto costarricense de pesca y acuicultura (INCOPECA), guardacostas y entidades no gubernamentales (ONG). Las AMM presentan lineamientos acordados en un plan de manejo, el cual se efectuó de manera participativa con las comunidades y las autoridades mencionadas, los cuales acordaron las pautas de uso, actores y zonificación, con el objetivo de promover el uso sostenible de los recursos naturales, disminuyendo el impacto antropogénico en zonas claves.

Una adecuada caracterización de vertebrados marinos presentes en la BSE, contribuiría con la información necesaria para el país, en temas de representatividad de los ambientes marino costeros de la región (SINAC, 2009a). También podría aportar las bases para futuras investigaciones, en los objetos de conservación mencionados en el documento de GRUAS II. Con lo cual se podría implementar un proceso efectivo y sostenible de ordenamiento de la bahía, donde los usuarios puedan seguir desarrollando sus actividades económicas, sin comprometer los recursos naturales presentes en la zona. Resguardando la biodiversidad marina de la zona y proyectándola como una posible área para desarrollar ecoturismo como eje económico de las comunidades aledañas, sin recurrir a fuentes extractivas o destructivas como la construcción de mega puertos, los cuales atentan contra la dinámica ecológica del Pacífico Norte costarricense.

3. Marco Metodológico

Sitio de muestreo

La bahía de Santa Elena (Figura 1) está ubicada en el Golfo de Santa Elena del Pacífico Norte y se sitúa en el límite Norte del Parque Nacional Santa Rosa, esta zona fue protegida en el 2018, bajo la categoría de área marina de manejo (AMM) del SINAC, según el decreto No. 41171, motivados por la necesidad de proteger los recursos marinos presentes en la zona y atendiendo las carencias de información biológica identificados en el sitio según el documento GRUAS II, está AMM se encuentra bordeada en la zona terrestre por el Parque Nacional Santa Rosa del Área de Conservación Guanacaste (ACG). Posee una extensión aproximada de 12,9 kilómetros, de línea costera, desde isla Leoncillos, 10°56'20.18"N y 85°47'22.28"O ubicada al Este, hasta isla Cabros, 10°56'36.22"N y 85°48'48.34"O que se ubica al Oeste. Los recursos naturales de esta bahía son aprovechados por las comunidades aledañas de Cuajiniquil, el Jobo y Puerto Soley, por medio de actividades pesqueras y turísticas.

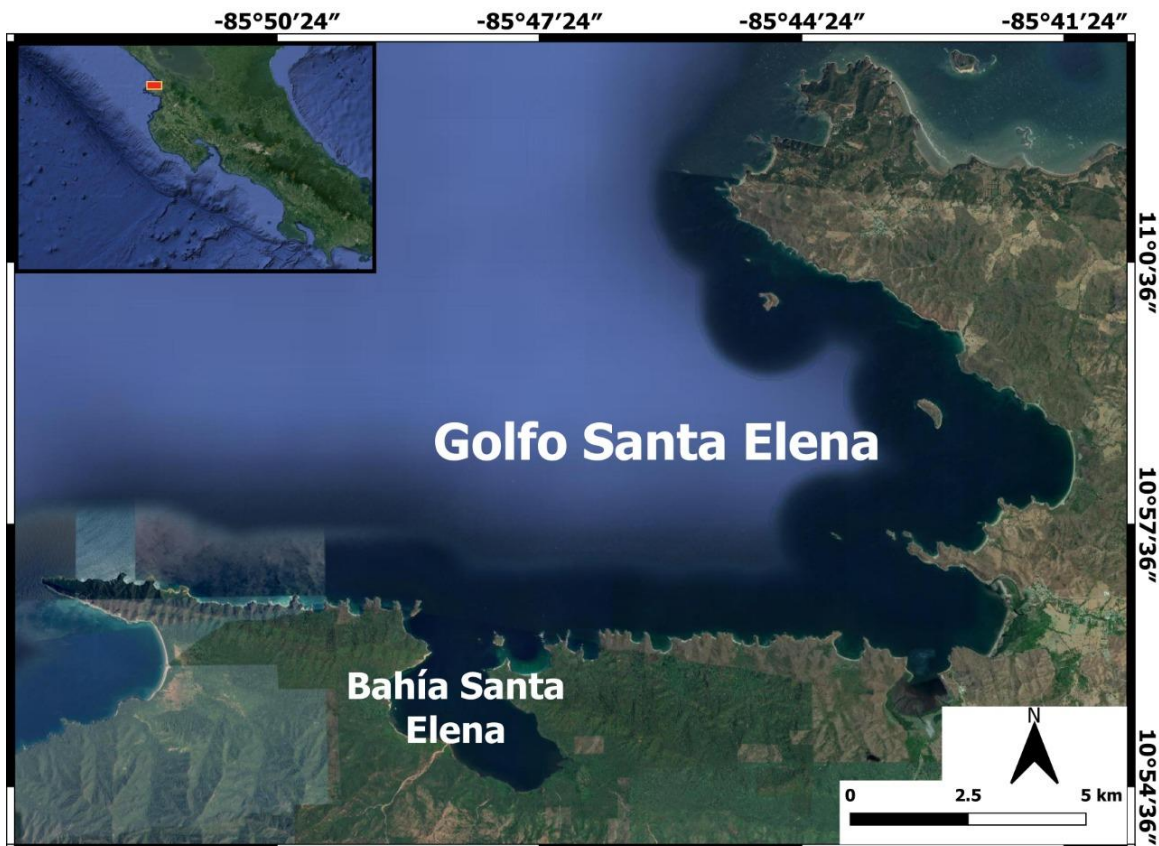


Figura 1. Mapa de la bahía de Santa Elena, ubicada dentro del golfo de Santa Elena en la zona norte del Pacífico costarricense.

Componentes geomorfológicos de la bahía

Durante la primera gira de campo se realizó una zonificación espacial de la geomorfología de la bahía según observaciones *in situ*. En cada sitio de muestreo se establecieron tres transectos paralelos a la línea costera, de 50 m de longitud y 5 m de ancho, donde se realizaron censos visuales a una velocidad constante de nado y en una sola dirección, para determinar los diferentes micro hábitats según la composición del suelo y las características de la costa (Octavio Aburto-Oropeza & Balart, 2001). Con base en la batimetría realizada por Lizano y Alfaro (2014) tal y como se muestra en la Figura 2, la bahía se dividió en zona interna (<20 m), zona media (20-30 m) y zona externa (>30 m), las cuales fueron delimitadas mediante polígonos en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

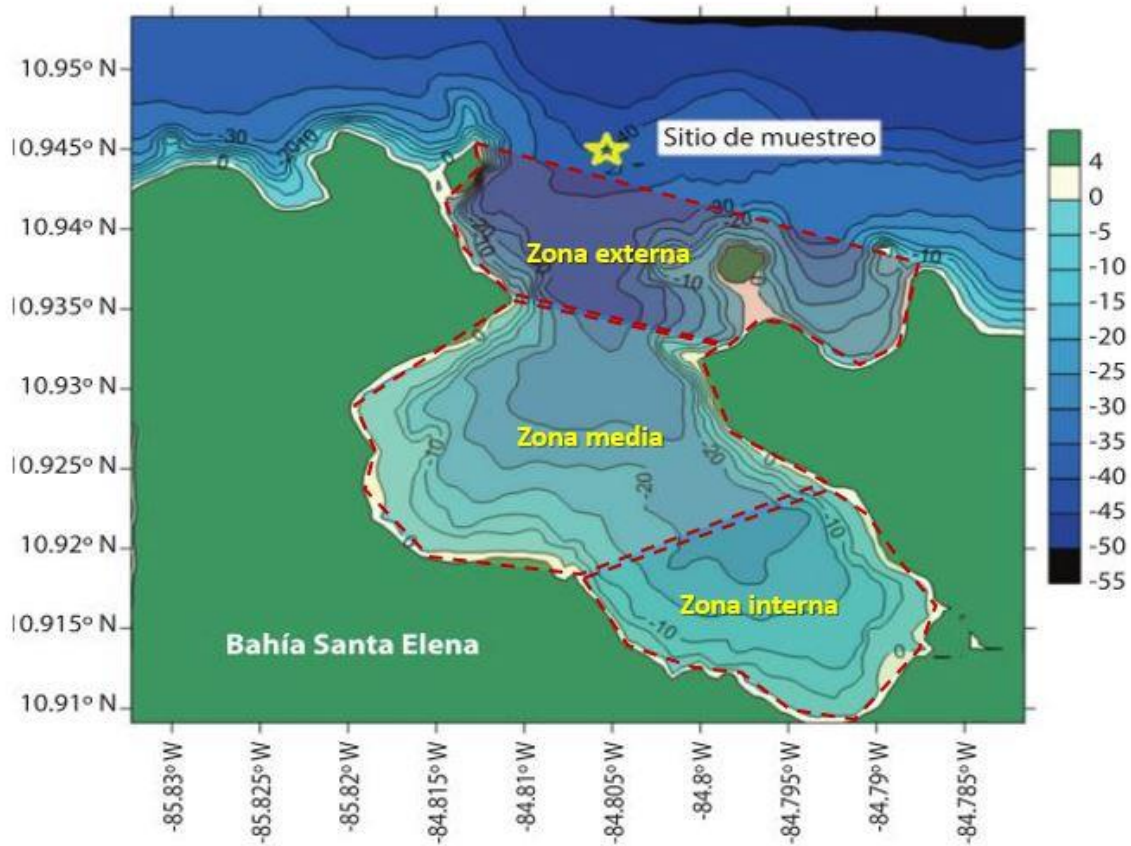


Figura 2. Batimetría de BSE. Tomado de Lizano y Alfaro (2014)

Caracterización de actividades económicas

El Pacífico Norte costarricense posee una importante comunidad dependiente de actividades relacionadas con la pesca. Este sector pesquero artesanal y semi-industrial, constituye un importante grupo socio-económico, comprendiendo una de las principales actividades económicas realizada en la zona costera (Villalobos-Rojas et al., 2014). Muchas de estas actividades ejercen una presión intrínseca en los recursos marinos de la zona, razón por la cual se analizó los artes de pesca utilizados en el sitio, así como la percepción del uso de la bahía Santa Elena para las diferentes actividades económicas desarrolladas en las comunidades más cercanas.

Se visitó a la comunidad de Puerto Soley, Cuajiniquil y el Jobo y se realizaron entrevistas semi-estructuradas (Anexo 1 y 2), con el fin de identificar quiénes son los principales usuarios de la bahía. Se dividieron las diferentes actividades económicas realizadas en la zona, en turísticas y pesqueras, subdividiendo a los pescadores mediante los artes de pesca que utilizan para sus faenas. Esta información fue procesada y analizada mediante Excel, Microsoft. Se realizaron gráficos de barras que permitieran una interpretación de los usos y principales artes de pesca realizados en la bahía.

Caracterización de los vertebrados marinos

Debido a la diversidad de las especies objetivo del estudio, se utilizaron métodos visuales y pesqueros para identificar los vertebrados marinos de la bahía. Debido a que muchas especies de vertebrados marinos solo se logran documentar con algunas de las técnicas de monitoreo, debido a la selectividad que cada técnica. Conjuntamente se utilizaron registros fotográficos de las capturas, para la corroboración de la especie con su respectiva georreferenciación. Los muestreos biológicos se realizaron con tres metodologías en dependencia de los grupos de vertebrados objetivo:

Observaciones a bordo

Para la caracterización de peces óseos, peces cartilaginosos, cetáceos y quelonios, se adaptó la metodología descrita por Martínez-Fernández y colaboradores (2011), que consiste en recorridos sistemáticos en bote fuera de borda con dos personas, en los perímetros de las áreas de estudio, siguiendo transectos de banda de un km de ancho para ubicar vertebrados marinos, con un promedio de ocho horas de esfuerzo de muestreo entre las 06:00 y 14:00 hr

por día, se realizaron 12 giras de muestreo, una mensual durante un año.

Pesca deportiva

Para esta técnica se usó caña, carrete y señuelos artificiales, las capturas realizadas bajo esta técnica se fotografiaron y se tomaron medidas biométricas de longitud furcal y longitud total con una cinta métrica. Metodología similar a la mencionada por Macías-Zamora (1993). Todos los organismos fueron georreferenciados y posteriormente se realizó la foto identificación taxonómica de las especies obtenidas durante el muestreo con ayuda de las guías de peces (FAO, 1995). Para esta metodología se realizaron 12 giras, una mensual durante un año.

Censos visuales

Para reconocer las especies de peces arrecifales, se realizaron censos visuales como los utilizados por Aburto-Oropeza y Balart (2001) donde dichos censos se realizan por una unidad de área determinada en un rango de profundidad entre los 6 y 12 m. Esta metodología se modificó en este trabajo donde se establecieron dos sitios de muestreo para cada zona (externa, media e interna) y en cada uno de estos sitios se realizaron tres réplicas, con transectos de 50 metros de largo, con un campo visual de 2,5 metros a cada lado, utilizando la técnica de snorkeling (buceo apnea) para un total de 250 m² por transecto. Durante estos censos se estimaron visualmente las tallas de las especies y simultáneamente, se utilizó video-transecto con una GoPro Hero3, para la comprobación taxonómica de las mismas, con la ayuda de las guías de peces (FAO, 1995). De igual manera, se realizaron 12 giras de muestreo, una gira mensual durante un año.

Análisis de los datos biológicos

Los datos biométricos de las diferentes especies identificadas obtenidos en la metodología de pesca deportiva y censos visuales, permitió el cálculo de parámetros poblacionales como la densidad (org./m²) y biomasa (ton/ha) a lo largo del periodo de muestreo (12 meses). Esta información georreferenciada, se utilizó para determinar si las comunidades de vertebrados marinos presentaban afinidad con zonas específicas o uso estacional del área de estudio.

La biomasa de peces individuales se calculó mediante la conversión alométrica

longitud-peso, utilizando la siguiente formula: $W = (a \cdot TL)^b$, donde los parámetros a y b son constantes específicas para cada especie, TL corresponde a la longitud total de individuo (cm) y W: el peso en gramos y posteriormente se dividió en el área muestreada. El ajuste de los parámetros longitud-peso se obtuvieron de FishBase (Froese, R. Pauly, 2021).

Adicionalmente, se clasificaron los peces de la técnica de pesca deportiva y censos visuales por nivel trófico, utilizando cuatro grupos funcionales:

- Piscívoros: corresponde a aquellos vertebrados que se alimentan exclusivamente o en mayor proporción de otros peces.
- Macroinvertívoros: estos organismos son de hábitos carnívoros pero su fuente principal alimenticia se basa en macroinvertebrados marinos como anélidos, cnidarios, esponjas, equinodermos, crustáceos y moluscos.
- Herbívoros: son organismos que basan su dieta en el consumo de algas calcáreas, costrosas o filamentosas.
- Planctívoros: son todos aquellos vertebrados marinos que se alimenten de fito o zooplancton en la columna de agua.

Con esta información se determinó la proporción de las biomásas calculadas en cada grupo funcional mencionado y se analizó en orden temporal y espacial del sitio de estudio.

Debido a que la técnica de censos visuales proporcionó una mayor representatividad de los datos, los siguientes análisis sólo se realizaron para esta técnica:

Para evaluar la representatividad del número de especies acumuladas y validar el esfuerzo de muestreo realizado para esta investigación, se realizó una curva de rarefacción. Esta curva fue generada mediante la matriz de ausencia y presencia de las especies presentes en los transectos durante el periodo de muestreo en la bahía, con el ambiente de programación R (Team, 2018). con el paquete ecológico Vegan (Oksanen et al., 2016).

Se utilizaron análisis de similitud para las comunidades de vertebrados marinos de BSE, con el propósito clasificar y conocer su patrón de distribución en escala espacial y temporal, Este análisis se realizó mediante el índice de Jaccard $I_{j} = (c / (a + b - c))$, donde “c” corresponde a la sumatoria de especies presentes en ambos sitios “a y b”, el valor de “a” corresponde a la sumatoria de especies en el sitio “a” y el valor de “b”, corresponde a la sumatoria de especies en el sitio “b” (Chung et al., 2019). Para determinar la posición jerárquica en cuanto a densidad (org./m²) y biomasa (ton/ha) de la comunidad de vertebrados

marinos presentes en la bahía. Se realizó una clasificación descrita en el método Olmstead-Turkey (Sokal & Rohlf, 1981), a partir de gráficos del promedio de los parámetros poblacionales usados, en este caso, según las densidades y biomasa de todas las especies de peces (eje X), contra el porcentaje de la ocurrencia de aparición en los transectos de las especies (eje Y). El parámetro a usar, ya sea densidad o biomasa (x) fue transformado por su logaritmo natural más una constante ($\text{LN}(x+1)$), con el propósito de obtener una simplificación gráfica de los datos para una mejor interpretación visual. Esta técnica permite establecer una clasificación según el parámetro (densidad o biomasa) y ocurrencia espacial de los organismos en los criterios estudiados y se clasifican de la siguiente manera según (García de León, 1988):

- Dominantes: Son aquellas cuyos valores tanto del parámetro poblacional x (densidad/biomasa) como de frecuencia de ocurrencia, rebasan la media aritmética de ambos estimadores.
- Frecuentes: Son aquellas cuyos valores de frecuencia de ocurrencia son mayores a la media, pero no lo son en relación del parámetro poblacional x .
- Ocasionales: Son aquellas cuyos valores del parámetro poblacional x es mayor a la media, pero no lo son con relación a la frecuencia de ocurrencia.
- Raras: Son aquellas que se caracterizan por tener valores del parámetro poblacional x y frecuencia de ocurrencia por debajo de la media aritmética de ambas variables.

A partir de los datos obtenidos en este estudio se generó información de línea base sobre el papel que desempeña la bahía Santa Elena en biodiversidad y abundancia de vertebrados marinos, que podría servir como herramienta en la elaboración de un adecuado plan de ordenamiento de la zona.

4. Resultados

Componentes geomorfológicos de la bahía

La bahía Santa Elena presentó una considerable diversidad de sustratos en pocos kilómetros de línea costera (13 km aprox.), se realizó una descripción de los sustratos marinos asociados a la línea costera de la bahía. La distribución de los sitios de muestreo se realizó en función de la mayor representatividad de las diferentes zonas (externa, media e interna) de la misma. Se determinó durante el muestreo que la zona externa posee sitios con sustrato tipo arrecifes rocosos de origen volcánico y se representaron con un triángulo verde, la zona media presentó sustratos de tipo arrecife rocoso y playas arenosas/rocosas, el sustrato es principalmente arenoso o cascajo, con bosque de manglar predominante en la línea costera, estos sitios se representaron con un asterisco rojo y la zona interna se caracterizó por presentar sustrato fangoso, con aporte de agua dulce debido a la desembocadura de afluentes de agua dulce con bosque de manglar en la línea costera y los mismos se representaron con un círculo amarillo (Figura 3).

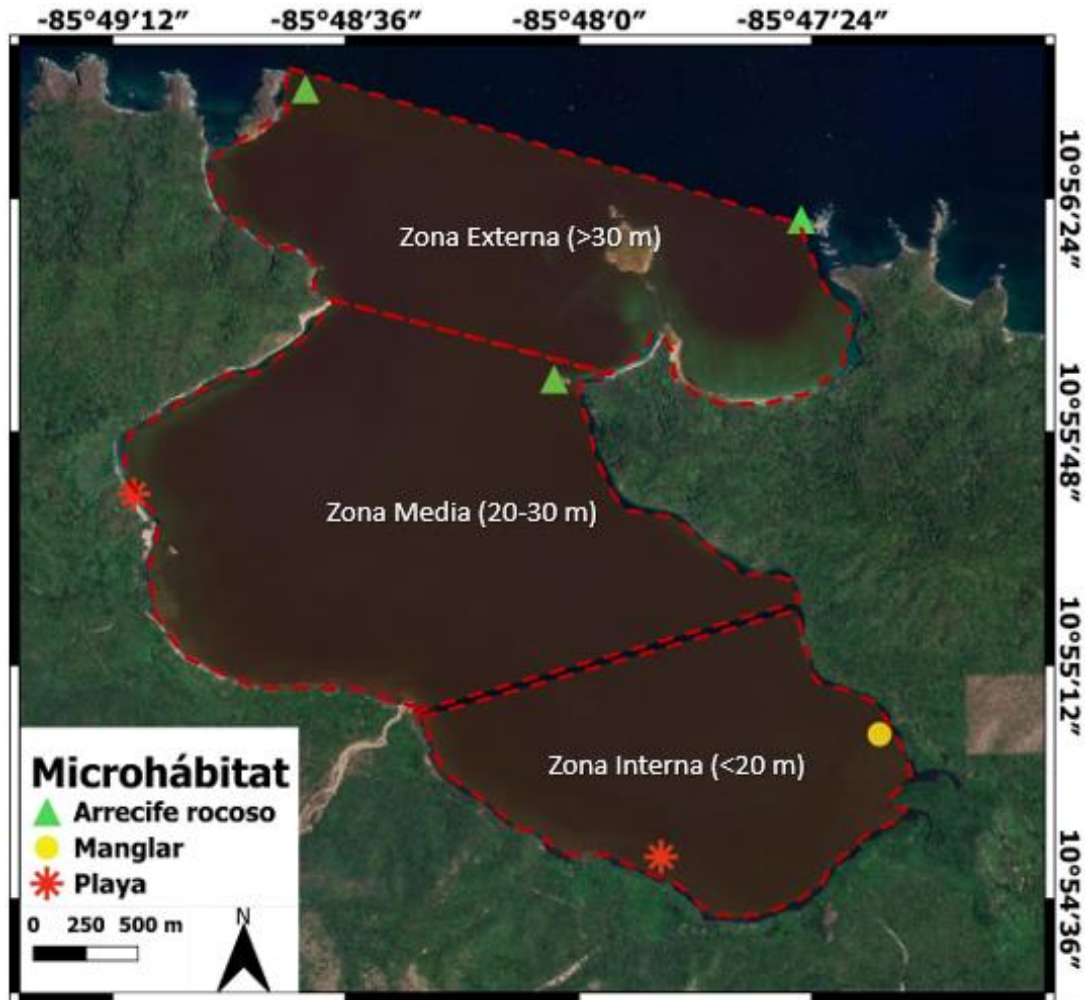


Figura 3. Mapa de la distribución sitios de muestreo y sus respectivos micro-hábitats asociados a los sustratos analizados en BSE

Caracterización de actividades económicas

La bahía Santa Elena mostró una diversidad de micro-hábitats, esta variabilidad, permite el uso de diferentes actividades extractivas o turísticas realizadas por las comunidades aledañas. Mediante 76 entrevistas semi-estructuradas, se identificaron las comunidades de Cuajiniquil, el Jobo, como los principales usuarios de la bahía y en menor medida la comunidad de Puerto Soley, la misma mostró una menor participación del proceso consultivo mediante las entrevistas semi-estructuradas realizadas en el presente estudio (

Cuadro I).

Cuadro I. Distribución demográfica obtenida de las entrevistadas en las comunidades aledañas a la bahía Santa Elena.

Comunidad	Hombres	Mujeres	Rango de edad (años)	Porcentaje de entrevistados (%)
Cuajiniquil	59	1	17-65	78.9
Jobo	12	2	19-65	18.4
Puerto Soley	2	0	27-58	2.6

Las poblaciones consultadas pertenecen al sector de pesca deportiva, artesanal y de palangre los mismos realizan sus faenas de pesca en cinco sectores del golfo de Santa Elena, específicamente en los alrededores del sitio de estudio. La diversidad de artes de pesca utilizados por las comunidades para realizar sus faenas se representó en la pluralidad de los usuarios consultados. El uso de trasmallo es de mayor frecuencia por los pescadores que faenan en el sector Soley (45%) y el Jobo (48%) y en menor medida en los sectores de Cuajiniquil (15%) y la bahía Santa Elena (5%). Para los artes de pesca subacuática con compresor o pulmón y el uso de la pesca con cuerda, se observó un uso similar entre los sectores, presentando un incremento la pesca subacuática en los sectores de Cuajiniquil y frente a la bahía (40%), disminuyendo propiamente en la misma (30%). La pesca deportiva presentó un comportamiento opuesto al uso de trasmallo dentro de la bahía y en varios de los sectores analizados (Figura 4).

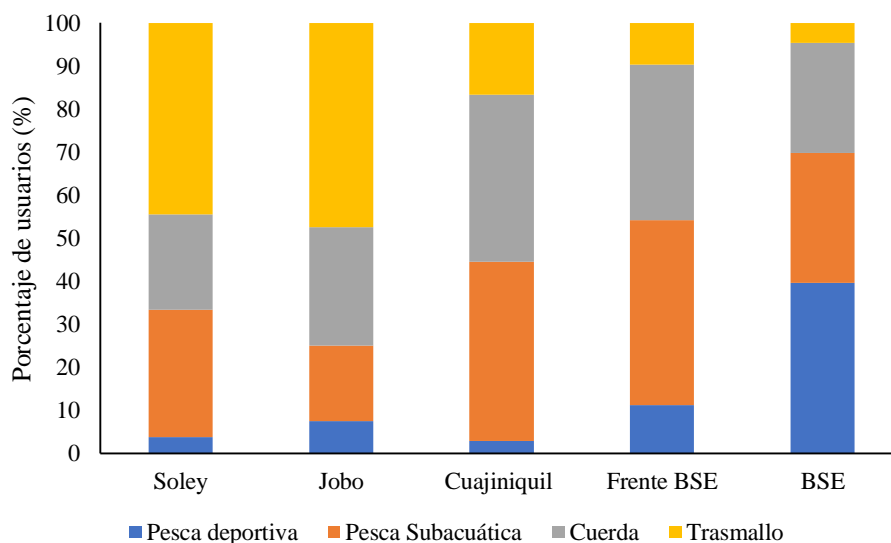


Figura 4. Distribución del uso de los artes de pesca en los sectores del golfo de Santa Elena

Los diversos sectores pesqueros identificados durante el periodo de consultas, mostraron una variabilidad de especies objetivo en el golfo de Santa Elena, siendo la pesca

artesanal la que presenta mayor diversidad de especies objetivo, seguida por la artesanal subacuática, esta última incluye algunos invertebrados marinos, no obstante, la pesca deportiva, de palangre y de peces ornamentales utilizan un número similar de especies objetivo, siendo la pesca deportiva un poco más diversa según la percepción de los usuarios en comparación con los sectores pesqueros anteriormente mencionados (

Figura 5).

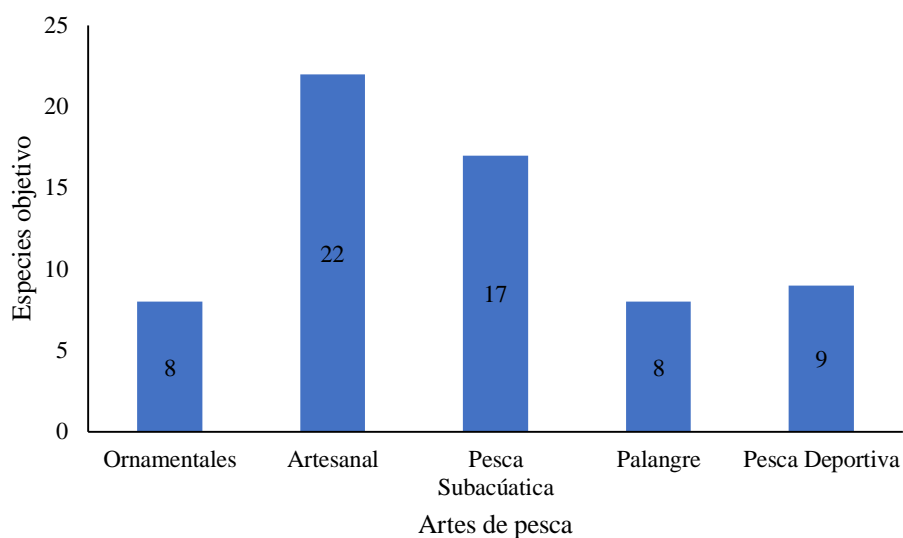
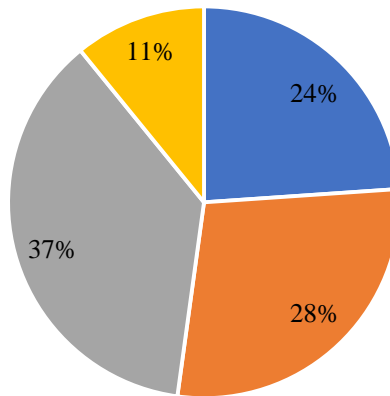


Figura 5. Número de especies objetivo de los diferentes artes de pesca utilizados por las comunidades aledañas en la bahía Santa Elena

Dentro de los usuarios del sector pesquero se caracterizaron las actividades económicas realizadas propiamente en la bahía Santa Elena. Se identificaron cuatro actividades pesqueras principales de los recursos presentes en la bahía, la pesca deportiva domina la actividad pesquera con un 37%, seguida de la pesca artesanal subacuática con un 28% y artesanal con un 24%, siendo la pesca de peces ornamentales la menos frecuente realizada dentro de la bahía con tan solo un 11% (Figura 6).



■ Artesanal ■ Pesca Subacuática ■ Pesca Deportiva ■ Ornamentales

Figura 6. Distribución de las actividades pesqueras identificadas en la bahía Santa Elena

El uso de la bahía no se limita a actividades extractivas de consumo, el 46% (35 personas) de las 76 encuestas realizadas utilizan la bahía para el desarrollo de actividades turísticas no extractivas que también se desarrollan en la zona, por lo cual, se caracterizó cualquier actividad realizada en la bahía por los diferentes actores de las comunidades aledañas. Como actividad turística, la pesca deportiva presenta la incidencia más alta dentro de la bahía, seguida por la pesca subacuática con compresor, no obstante, las actividades turísticas recreativas como el Snorkeling y el avistamiento de cetáceos presentan incidencias similares a actividades como refugio o pesca artesanal, respectivamente. La actividad de buceo recreativo presentó la menor incidencia en la zona (1.14%) debido a la baja oferta de tour operadores que ofrecen este servicio en las comunidades analizadas (Figura 7).

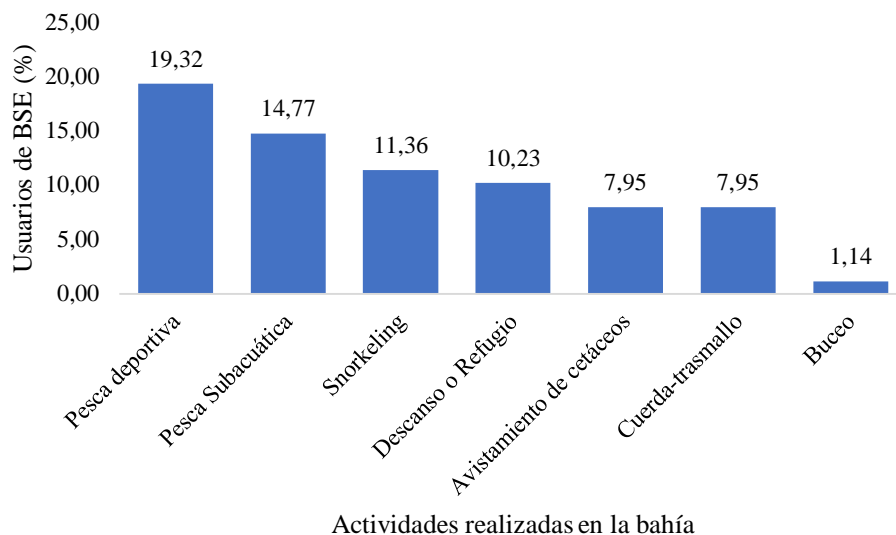


Figura 7. Distribución de las actividades realizadas en la bahía Santa Elena por los usuarios de las comunidades aledañas

Para el cumplimiento de los objetivos y debido a la complejidad estratégica en la recopilación de la información del presente trabajo, se procedió al análisis de los resultados de manera separada para cada metodología aplicada (observaciones a bordo, pesca deportiva y censos visuales), esto con la finalidad de realizar un análisis más asertivo y real del comportamiento biológico de la comunidad de vertebrados marinos presentes en la bahía de Santa Elena.

Caracterización de los vertebrados marinos

Las técnicas que se utilizaron en este estudio mostraron una amplia variación en el número de especies observadas durante el periodo de muestreo, cada una de las metodologías aportó un acumulado de especies propio, logrando una mejor representatividad de los vertebrados marinos presentes en la zona. En total se identificaron 9 órdenes de vertebrados marinos, distribuidos en 55 familias, para un total de 128 especies debidamente identificadas, siendo los representantes de la familia Engraulidae los únicos que no se lograron identificar hasta el nivel taxonómico de especie, debido a la selectividad de las técnicas de muestreo aplicadas en el presente estudio (Figura 8).

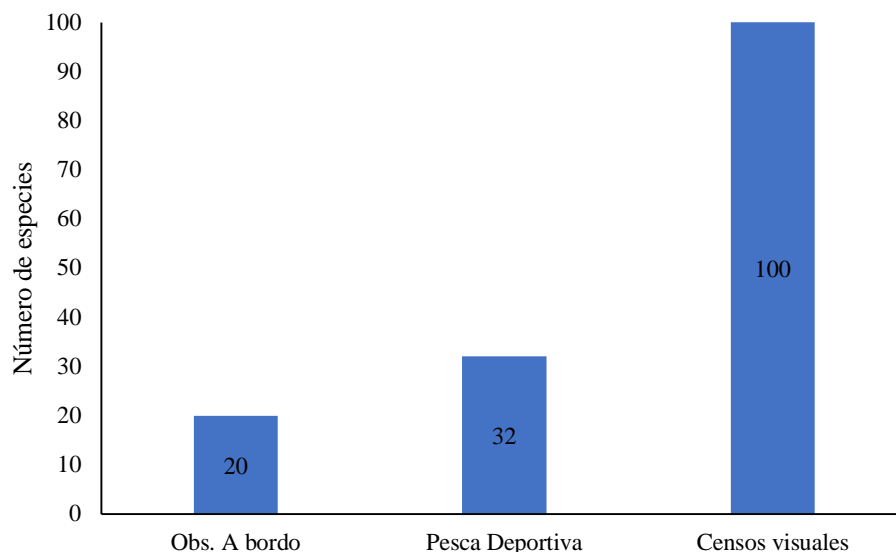


Figura 8. Acumulado total de especies reportadas para cada metodología aplicada durante el periodo de muestreo en bahía Santa Elena

La especificidad de cada técnica varió de manera significativa, siendo las observaciones a bordo la que registró un mayor número de especies (85%) reportadas exclusivamente bajo esta técnica, en otras palabras, esta técnica reportó 17 especies como tiburones, rayas, delfines y ballenas, que sólo se logró debido a la observación desde la embarcación. Seguida por los censos visuales en los cuales el 76% de las especies registradas solo fueron observadas bajo esta técnica, en otras palabras, esta técnica reportó 76 especies de peces óseos que solo se identificaron bajo esta técnica y en el caso de la pesca deportiva el 40% de las especies registradas corresponden a 13 especies de peces piscívoros que solo fueron identificados mediante esta técnica.

El conjunto de vertebrados marinos reportados para cada técnica de muestreo se distribuyó en cuatro grupos taxonómicos (cetáceos, condriactos, peces óseos y reptiles). La técnica de observaciones a bordo presentó una mayor heterogeneidad de los grupos taxonómicos reportados, seguida por los censos visuales que acumuló tres de los cuatro grupos presentes en la zona (condriactos, peces óseos y reptiles), con una dominancia en el número de especies de peces óseos. Finalmente, la pesca deportiva mostró una mayor selectividad en los grupos reportados, siendo de igual manera los peces óseos los más frecuentes o dominantes en esta técnica (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

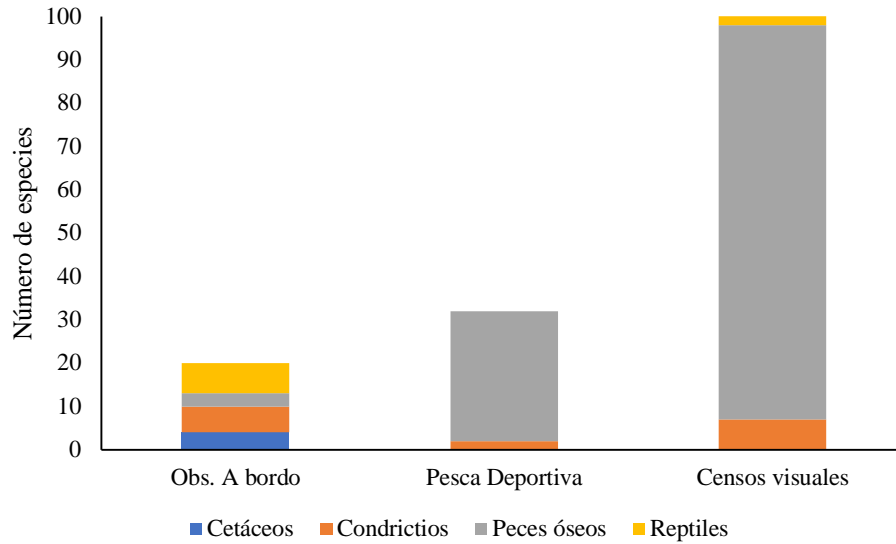


Figura 9. Número de especies acumuladas según su grupo taxonómico mediante las tres técnicas de muestreo biológico utilizadas en bahía Santa Elena

Observaciones a bordo

Los 90 individuos identificados durante el periodo de muestreo corresponden a cuatro grupos taxonómicos principales (cetáceos, reptiles, peces óseos y condrictios), los cuales se distribuyeron en 13 familias y 20 especies identificadas (Cuadro II, Anexos). La distribución espacial de los individuos en la bahía varió según el sustrato analizado, los condrictios o peces cartilaginosos presentaron una distribución más homogénea en el sistema en comparación con los otros grupos taxonómicos, siendo los reptiles marinos, los cetáceos y los peces óseos los que mostraron un uso heterogéneo de las zonas de la bahía, utilizando las playas arenosas o rocosas y los arrecifes rocosos con mayor frecuencia que la zona de manglar, donde no se contabilizaron observaciones de estos grupos taxonómicos (Figura 10; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

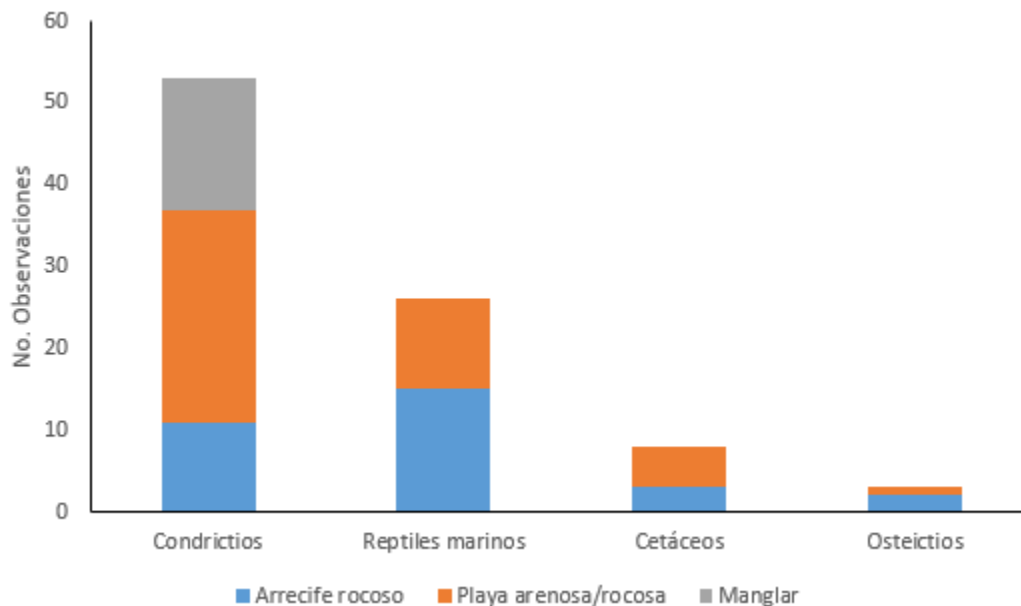


Figura 10. Número de observaciones a bordo por grupo taxonómico en los diferentes sustratos muestreados de bahía Santa Elena

Para esta técnica se invirtieron 96 horas de muestreo, donde se abarcó un área de 154.8 km², distribuido en 12 días de campo, entre los meses de junio del 2018 y mayo del 2019 en la bahía de Santa Elena. La distribución de observaciones por hora vario a lo largo del año, los meses de septiembre y octubre del 2018 presentaron el menor número de observaciones por hora y para el mes de abril del 2019 se reportaron el mayor número de observaciones por hora (Figura 11).

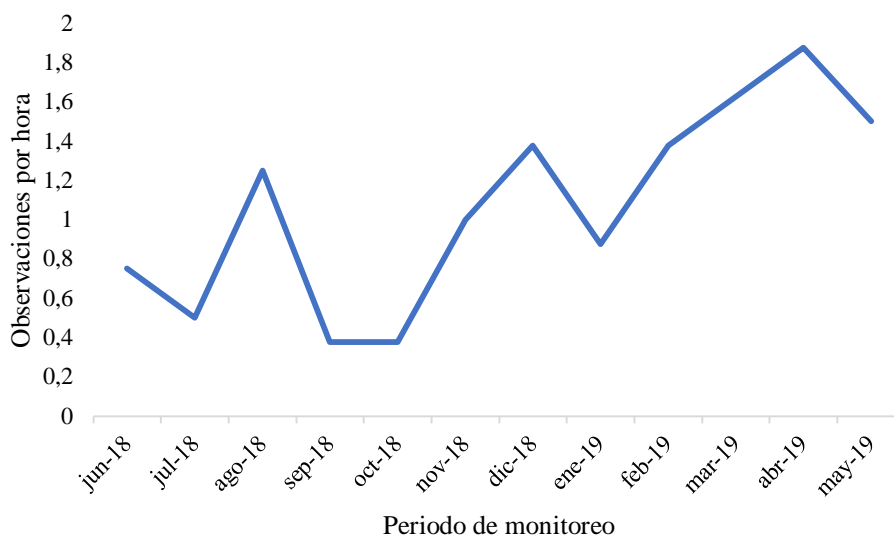


Figura 11. Distribución de observaciones a bordo por hora a lo largo del año de muestreo en bahía Santa Elena

Pesca deportiva

Mediante la pesca deportiva se lograron capturar en total 314 organismos, pertenecientes a 19 familias y 32 especies, el total de individuos sumaron un peso aproximado de 518 kg. En la zona externa de la bahía se capturaron 11 familias distribuidas en 24 especies, una vez estimada la biomasa de estos organismos, se llegó a un peso total acumulado de 211.78 kg, en la zona media se capturaron 13 familias y 21 especies para un peso acumulado de 195.82 kg, para las zonas interna se capturaron representantes de 11 familias y 15 especies con un peso total acumulado de 38.46 kg (Anexo 1. Entrevista dirigida a los buzos y pescadores de la comunidad de Cuajiniquil y el Jobo, Guanacaste, Costa Rica.

Nombre _____ Edad _____ Fecha _____

1. ¿Desde cuándo vive en la zona?
2. ¿Con quién vive y cuantos miembros de la familia son?
3. ¿Cuál es su principal fuente de trabajo?
4. ¿Esta fuente de trabajo es permanente o realiza otros trabajos ocasionales? ¿Cuáles?
5. Si su actividad de trabajo es la pesca. ¿Cuáles artes de pesca utiliza en sus faenas?
(Trasmallo, cuerda de mano, línea, arbaleta o caña y carrete)
6. ¿Cuántas veces a la semana realiza su trabajo?
7. ¿La embarcación que utiliza es propia, alquilada o bien realiza sus faenas en la embarcación de alguien más?
8. ¿Dentro de sus áreas de trabajo, se encuentra la Bahía de Santa Elena? Si su respuesta es no ¿Por qué?
9. O bien ¿le da algún tipo de uso a este sitio? (refugio, área de recreación u otros)
10. ¿Qué beneficios considera usted que aporta esta Bahía, a la comunidad?
11. ¿Considera usted que los recursos naturales o pesqueros han disminuido en cantidad y tamaño? Si su respuesta es afirmativa ¿Cuál considera que sea la razón?
12. ¿Conoce si existe algún tipo de plan de manejo o regulación para la Bahía de Santa Elena?

13. ¿Existe alguna organización gubernamental o privada que les brinde apoyo para mejorar su situación laboral? (INCOPESCA, ONG, MINAET)
14. ¿Cuál es el principal factor climático que afecta sus actividades laborales? De haber algún factor ¿Cuánto tiempo se ven afectados?
15. ¿Considera usted importante la implementación de actividades alternativas para el desarrollo económico de la zona?
16. Existe competencia con pescadores de otras zonas en la BSE? Y cuales son los principales efectos que estos causan?

Anexo 2. Entrevista dirigida a los capitanes de la comunidad de Cuajiniquil y el Jobo, Guanacaste, Costa Rica.

Nombre _____ Edad _____ Fecha _____

- 1- ¿Cuáles actividades económicas desarrolla usted en Bahía Santa Elena?
 - A- Pesca deportiva o turística
 - B- Buceo
 - C- Avistamiento de cetáceos
 - D- Pesca artesanal
 - E- Snorkeling
- 2- ¿Cuántos viajes realiza usted a la semana por actividad a Bahía Santa Elena?
 - A- Pesca deportiva o turística: _____
 - B- Buceo: _____
 - C- Avistamiento de cetáceos: _____
 - D- Pesca artesanal: _____
 - E- Snorkeling: _____
- 3- ¿Cuántos turistas lleva en cada tour a la Bahía Santa Elena, aproximadamente?
 - A- Pesca deportiva o turística: _____
 - B- Buceo: _____
 - C- Avistamiento de cetáceos: _____
 - D- Pesca artesanal: _____
 - E- Snorkeling: _____
- 4- ¿Cuál es el costo de combustible aproximado en un viaje a Bahía Santa Elena?

- 5- ¿Cuánto tiempo dura un viaje a BSE?
 - A- Pesca deportiva o turística: _____
 - B- Buceo: _____
 - C- Avistamiento de cetáceos: _____
 - D- Pesca artesanal: _____
 - E- Snorkeling: _____
- 6- ¿Cuánto cuesta un viaje a Bahía Santa Elena, para los turistas?
 - A- Pesca deportiva o turística: _____
 - B- Buceo: _____
 - C- Avistamiento de cetáceos: _____
 - E- Snorkeling: _____
- 7- ¿Qué especies de peces se extraen de Bahía Santa Elena de interés comercial?

- 8- ¿Cuánto cuesta el kilo de las especies anteriormente mencionadas?

, Anexos). Los organismos capturados durante el periodo de muestreo presentaron

una distribución heterogénea en los diversos sustratos de la bahía, los meses de mayo y diciembre presentaron un incremento en el número de capturas obtenidas durante el periodo de muestreo (Figura 12).

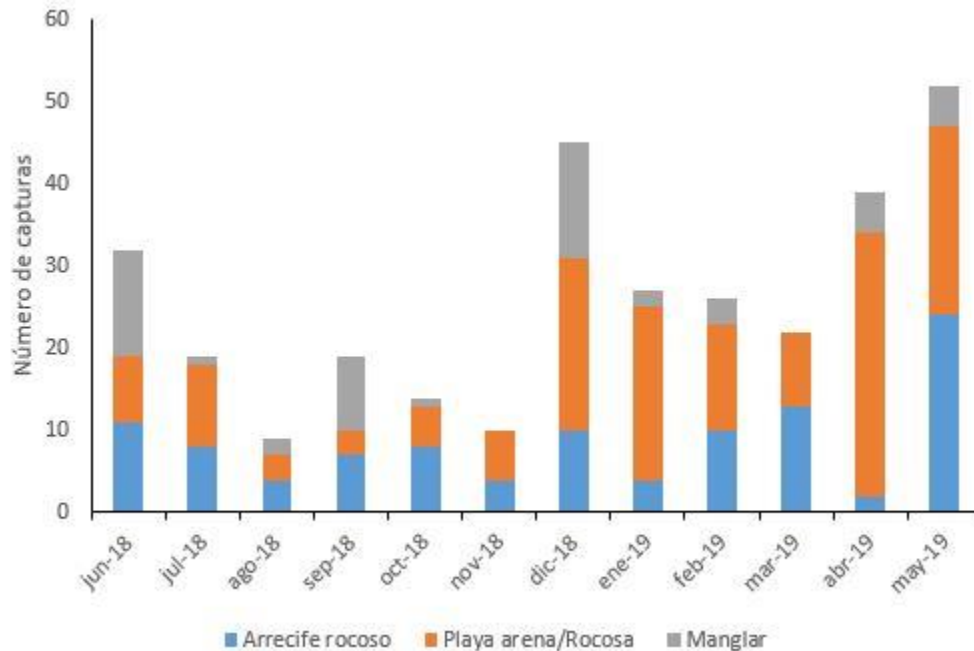


Figura 12. Número de capturas acumuladas en los diversos sustratos muestreados durante un año en bahía Santa Elena.

Durante el periodo de muestreo, todas las especies obtenidas por este método fueron categorizadas en el nivel trófico piscívoro. Se identificó al orden de los Carangiformes como los representantes más recurrentes dentro de la bahía, siendo las familias Carangidae (Jureles), Coryphaenidae (dorados) y Nematistiidae (gallos), las más frecuentes en capturas reportadas, aportando a su vez la mayor biomasa estimada de los individuos reportados. La familia Belonidae (pez aguja) presentó una abundancia importante en el sistema, aportando un peso acumulado solo por debajo de la familia Carangidae. No obstante, la familia Lutjanidae, de alto interés comercial presentó la segunda mayor abundancia de individuos capturados, solamente superada por la familia Carangidae. Pero con un peso acumulado inferior a las dos familias (Carangidae, Belonidae) mencionadas anteriormente (Figura 13).

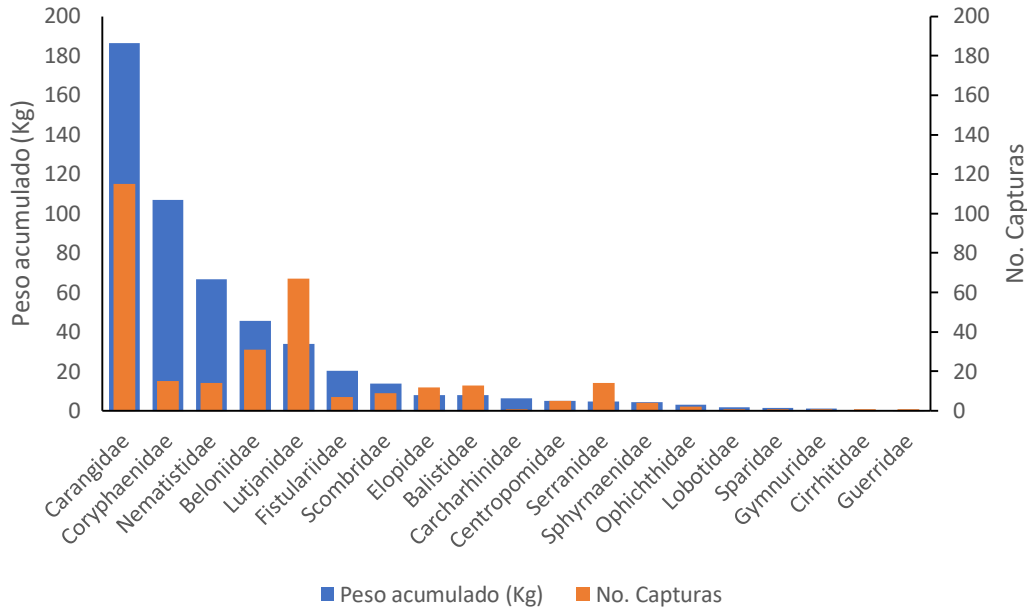


Figura 13. Distribución del peso acumulado capturado y el número de individuos correspondiente a cada familia reportada, durante el muestreo 2018-2019 en bahía Santa Elena

Debido a que la mayoría de las capturas realizadas durante el periodo de monitoreo correspondieron al conjunto de especies de la familia Lutjanidae (pargos) y a jureles toro (*Caranx caninus*), los cuales son especies de importancia comercial, se decidió analizar las tallas reportadas y compáralos con las longitudes medias de madurez sexual (L_{50}) para las especies que se cuenta con este valor calculado en la literatura. Por lo tanto, se realizó un diagrama de cajas para representar gráficamente la distribución de tallas de los organismos capturados, y se representó gráficamente las longitudes medias de madurez sexual (L_{50}) de la literatura. El 100% de los individuos capturados durante el periodo de monitoreo de *Lutjanus aratus*, *Lutjanus novemfasciatus*, el 80% de *Lutjanus argentiventris* y el 55% de *C. caninus* se encuentran por debajo de la longitud media de madurez sexual, *Lutjanus colorado* no presentan esta estimación de la L_{50} (Figura 14).

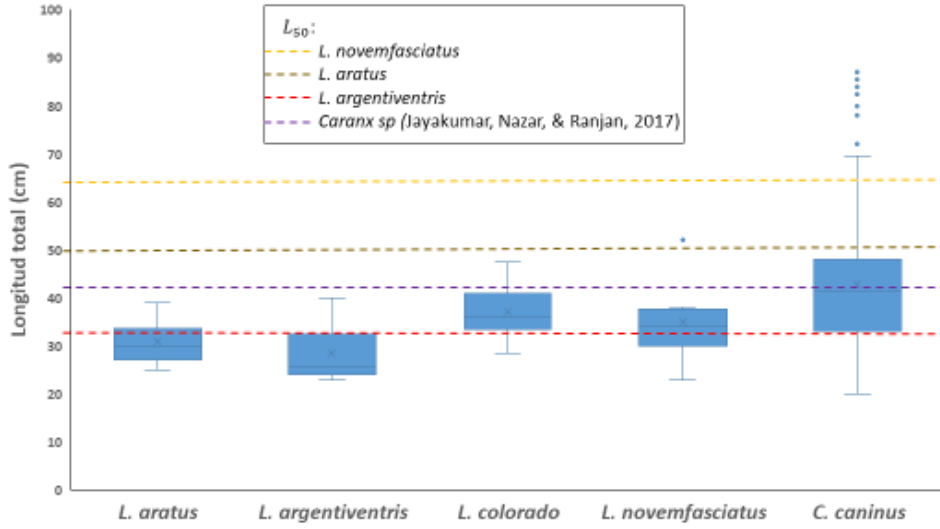


Figura 14. Distribución de tallas de las principales especies capturadas en BSE y sus respectivas L_{50} (talla media de maduración sexual)

Censos visuales

Durante el año de muestreo biológico se realizaron 198 transectos mediante censos visuales distribuidos en seis sitios de muestreo establecidos dentro de la bahía Santa Elena, se lograron cuantificar e identificar 21 488 individuos distribuidos en 39 familias y 100 especies, las abundancias mensuales mostraron un incremento de diciembre a mayo, siendo los individuos planctívoros los que mostraron mayor abundancia de organismos durante este periodo con excepción del mes de marzo. De las especies identificadas el 30.5% de ellos son piscívoros, un 49.2% de las especies son macroinvertívoros, siendo este grupo el más diverso, el 12.5% de las especies son herbívoros y el restante 7.8% de las especies son planctívoros (Figura 15, Anexo 1. Entrevista dirigida a los buzos y pescadores de la comunidad de Cuajiniquil y el Jobo, Guanacaste, Costa Rica.

Nombre _____ Edad _____ Fecha _____

17. ¿Desde cuándo vive en la zona?
18. ¿Con quién vive y cuántos miembros de la familia son?
19. ¿Cuál es su principal fuente de trabajo?
20. ¿Esta fuente de trabajo es permanente o realiza otros trabajos ocasionales? ¿Cuáles?

21. Si su actividad de trabajo es la pesca. ¿Cuáles artes de pesca utiliza en sus faenas?
(Trasmallo, cuerda de mano, línea, arbaleta o caña y carrete)
22. ¿Cuántas veces a la semana realiza su trabajo?
23. ¿La embarcación que utiliza es propia, alquilada o bien realiza sus faenas en la embarcación de alguien más?
24. ¿Dentro de sus áreas de trabajo, se encuentra la Bahía de Santa Elena? Si su respuesta es no ¿Por qué?
25. O bien ¿le da algún tipo de uso a este sitio? (refugio, área de recreación u otros)
26. ¿Qué beneficios considera usted que aporta esta Bahía, a la comunidad?
27. ¿Considera usted que los recursos naturales o pesqueros han disminuido en cantidad y tamaño? Si su respuesta es afirmativa ¿Cuál considera que sea la razón?
28. ¿Conoce si existe algún tipo de plan de manejo o regulación para la Bahía de Santa Elena?
29. ¿Existe alguna organización gubernamental o privada que les brinde apoyo para mejorar su situación laboral? (INCOPESCA, ONG, MINAET)
30. ¿Cuál es el principal factor climático que afecta sus actividades laborales? De haber algún factor ¿Cuánto tiempo se ven afectados?
31. ¿Considera usted importante la implementación de actividades alternativas para el desarrollo económico de la zona?
32. Existe competencia con pescadores de otras zonas en la BSE? Y cuales son los principales efectos que estos causan?

Anexo 2. Entrevista dirigida a los capitanes de la comunidad de Cuajiniquil y el Jobo, Guanacaste, Costa Rica.

Nombre _____ Edad _____ Fecha _____

9- ¿Cuáles actividades económicas desarrolla usted en Bahía Santa Elena?

F- Pesca deportiva o turística

G- Buceo

H- Avistamiento de cetáceos

I- Pesca artesanal

J- Snorkeling

10- ¿Cuántos viajes realiza usted a la semana por actividad a Bahía Santa Elena?

A- Pesca deportiva o turística: _____

B- Buceo: _____

C- Avistamiento de cetáceos: _____

D- Pesca artesanal: _____

E- Snorkeling: _____

11- ¿Cuántos turistas lleva en cada tour a la Bahía Santa Elena, aproximadamente?

A- Pesca deportiva o turística: _____

B- Buceo: _____

C- Avistamiento de cetáceos: _____

D- Pesca artesanal: _____

E- Snorkeling: _____

12- ¿Cuál es el costo de combustible aproximado en un viaje a Bahía Santa Elena?

13- ¿Cuánto tiempo dura un viaje a BSE?

A- Pesca deportiva o turística: _____

B- Buceo: _____

C- Avistamiento de cetáceos: _____

D- Pesca artesanal: _____

E- Snorkeling: _____

14- ¿Cuánto cuesta un viaje a Bahía Santa Elena, para los turistas?

A- Pesca deportiva o turística: _____

B- Buceo: _____

C- Avistamiento de cetáceos: _____

E- Snorkeling: _____

15- ¿Qué especies de peces se extraen de Bahía Santa Elena de interés comercial?

16- ¿Cuánto cuesta el kilo de las especies anteriormente mencionadas?

V, Anexos).

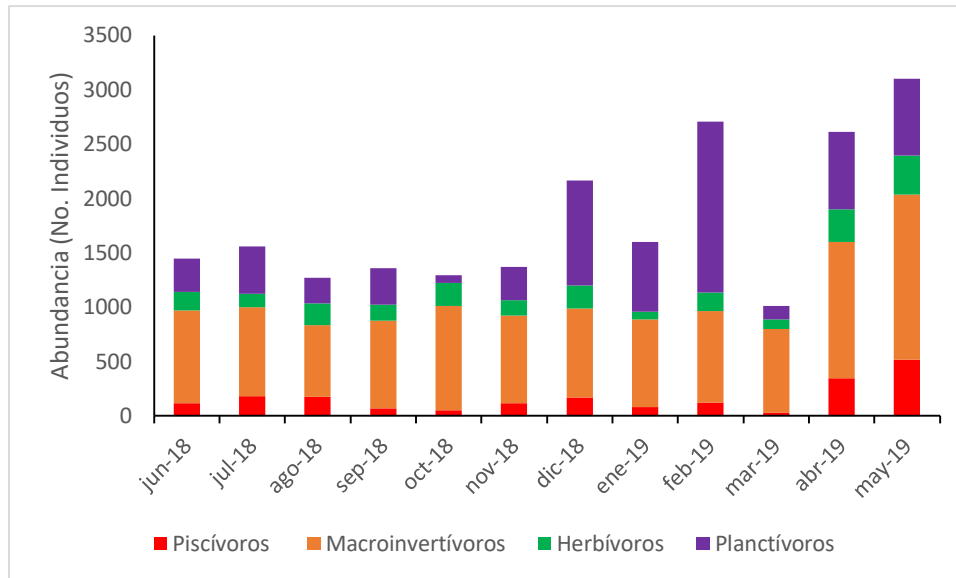


Figura 15. Abundancia de organismos censados durante el periodo de muestreo según sus respectivos niveles tróficos

Análisis de los datos biológicos

Se calculó la curva de acumulación de especies obtenidas durante el monitoreo de censos visuales, para validar si el esfuerzo de monitoreo fue representativo en relación a las 100 especies reportadas en la zona. A los 100 transectos de muestreo, se llegaron a valores máximos de acumulación de especies de 85 especies y hasta los 198 transectos (los transectos totales de esta técnica de muestreo) se obtuvieron las 100 especies reportadas en esta investigación, no alcanzando la meseta de la curva (Figura 16).

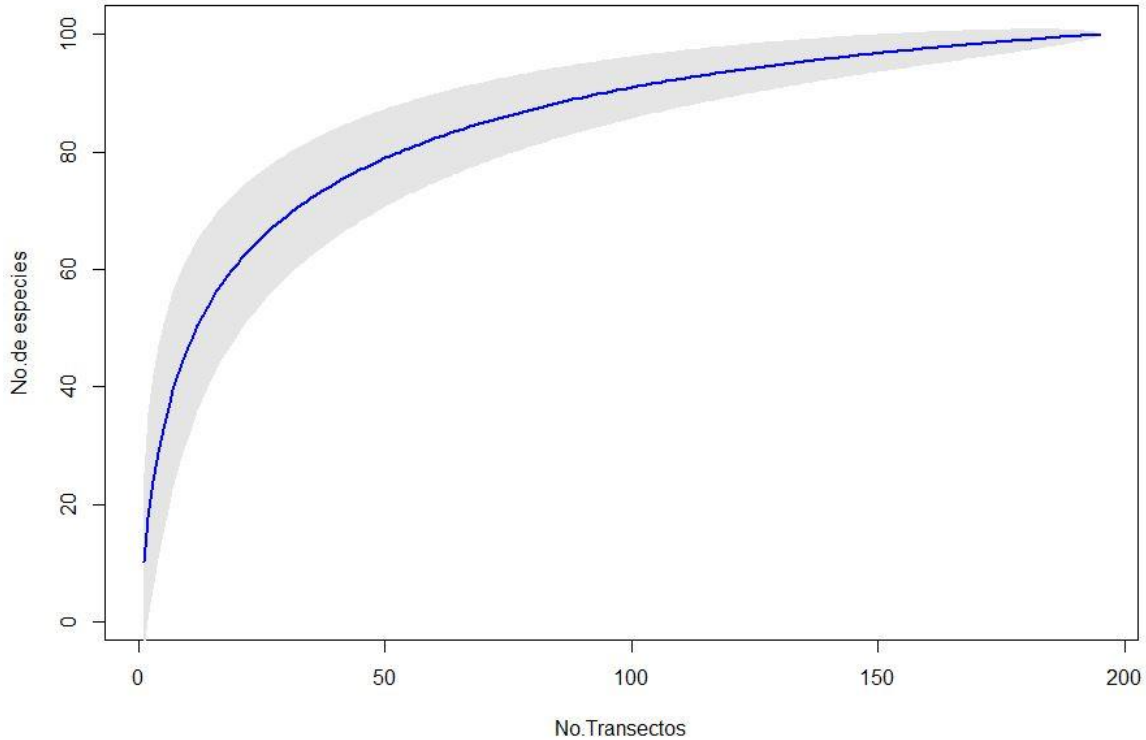


Figura 16. Curva de acumulación de especies obtenidas durante el periodo de muestreo 2018-2019 en bahía Santa Elena

Para el análisis de clasificación espacial de las zonas monitoreadas con censos visuales durante el periodo de muestreo, se utilizó el índice de similitud de Jaccard, para esto se categorizaron los sitios de muestreo de la siguiente manera: zona externa, media e interna del Este y Oeste. Siendo las zonas externas (Ext_Este, Ext_Oeste) y media Este (Med_Este) las que presentaron comunidades muy similares entre sí, esas zonas corresponden según la caracterización que se realizó anteriormente a arrecife rocoso, las zonas media Oeste (Med_Oeste) e interna Oeste (Int_Oeste), mostraron mayor afinidad entre sí en comparación (las cuales corresponden a playas arenosas y rocosas) con la zona interna Este (Int_Este) que corresponde al manglar, a un porcentaje de disimilitud del 75% (Figura 17).

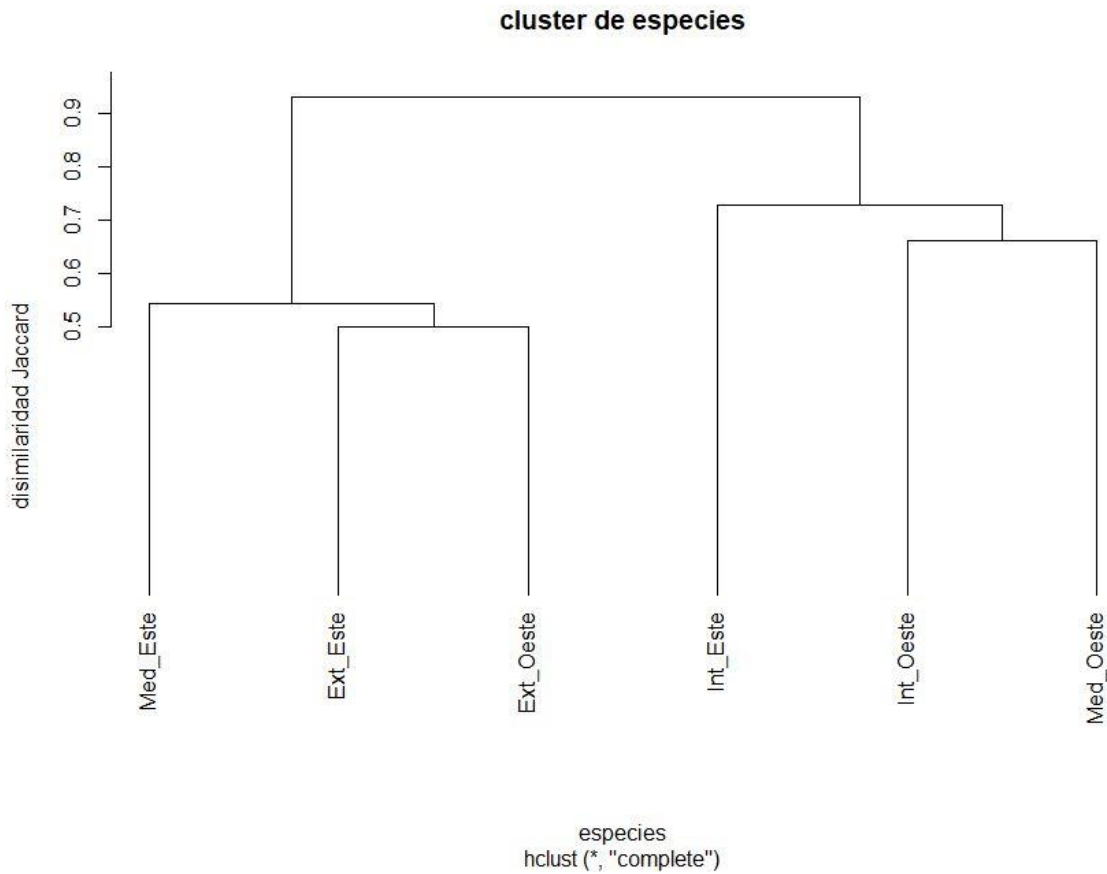


Figura 17.. Análisis del índice de similitud de Jaccard de las comunidades de vertebrados marinos reportados en los sitios muestreados dentro de la bahía Santa Elena durante el periodo 2018-2019

Para analizar el comportamiento temporal de la comunidad de vertebrados marinos presentes en bahía Santa Elena, se utilizó el mismo índice de similitud, pero en escala temporal cotejando las especies por mes. El índice demuestra que el mes de marzo, fue el mes que menos similitud posee con los meses analizados. Se observó una agrupación de los meses de enero a abril con la excepción de marzo y de igual manera los meses de junio a noviembre se agruparon según la comunidad de vertebrados identificados para esos periodos, a un porcentaje de disimilitud del 75% (Figura 18).

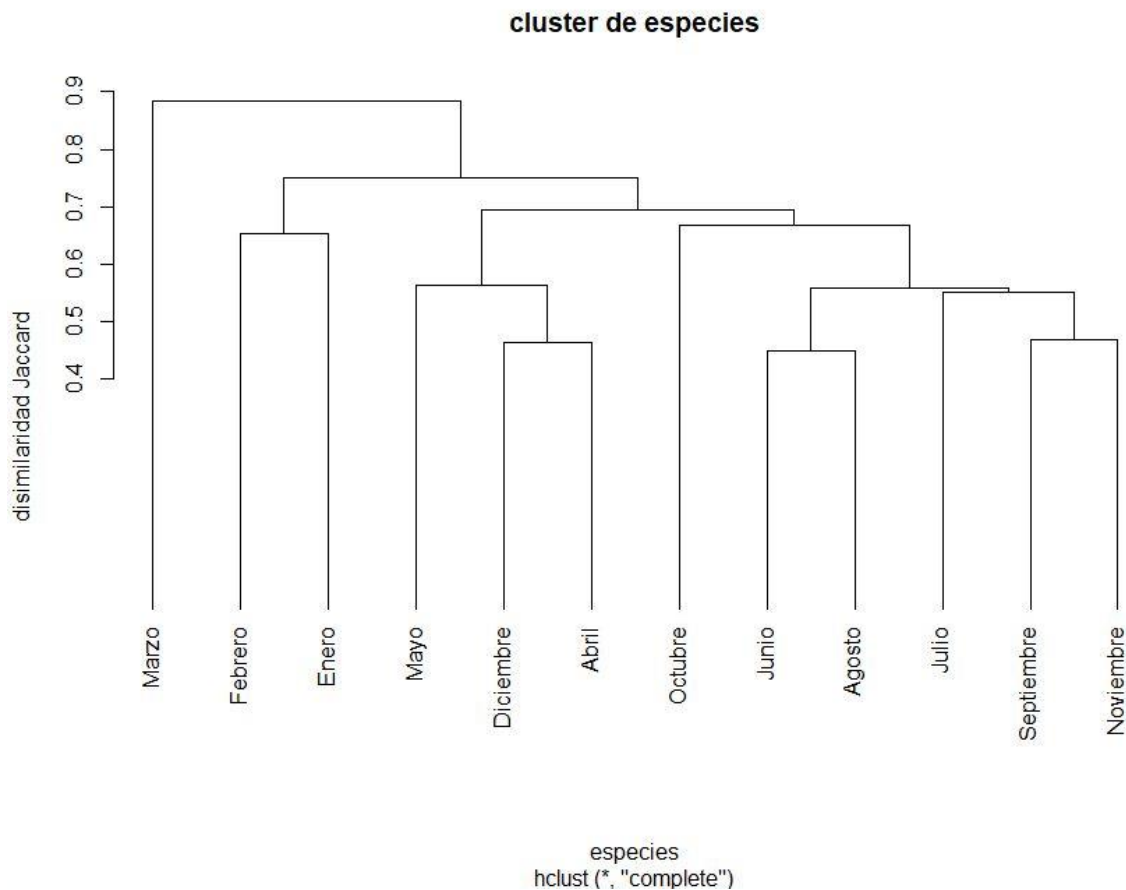


Figura 18. Análisis del índice de similitud de Jaccard entre las comunidades de vertebrados marinos reportados mensualmente durante el 2018-2019 en la bahía Santa Elena

Debido a los diferentes sustratos identificados en la primera etapa de esta investigación, el análisis de dominancia realizado sólo a la técnica de censos visuales dependerá del sustrato donde se observaron las especies. La posición jerárquica de las especies según la densidad calculada, se identificaron tres especies dominantes en los arrecifes rocosos, dos damiselas de la familia Pomacentridae, la damisela sargento (*Abudefduf troschelii*) y la damisela bicolor (*Stegastes acapulcoensis*) y un representante de la familia Labridae, la señorita arcoíris (*Thalassoma lucasanum*). Para las playas arenosas y rocosas se identificó a la misma damisela sargento (*A. troschelii*) y a la señorita arcoíris (*T. lucasanum*) como las especies dominantes en este tipo de sustrato. La zona de manglar presentó una especie dominante que correspondió una especie de mojarra (*Guerres simillimus*), la misma presentó dominancia en este sustrato, tanto en densidad como en biomasa. Los arrecifes rocosos de bahía Santa Elena presentaron una dominancia según la biomasa estimada de dos especies: el pargo cola amarilla y la damisela sargento (*Lutjanus*

argentiventris y *A. troscheli*, respectivamente). De manera similar, la dominancia en playas arenosas y rocosas correspondió a dos especies nuevamente la damisela sargento (*A. troscheli*) y las lisas (*Mugil curema*), como se observa en la Figura 19 (A y B).

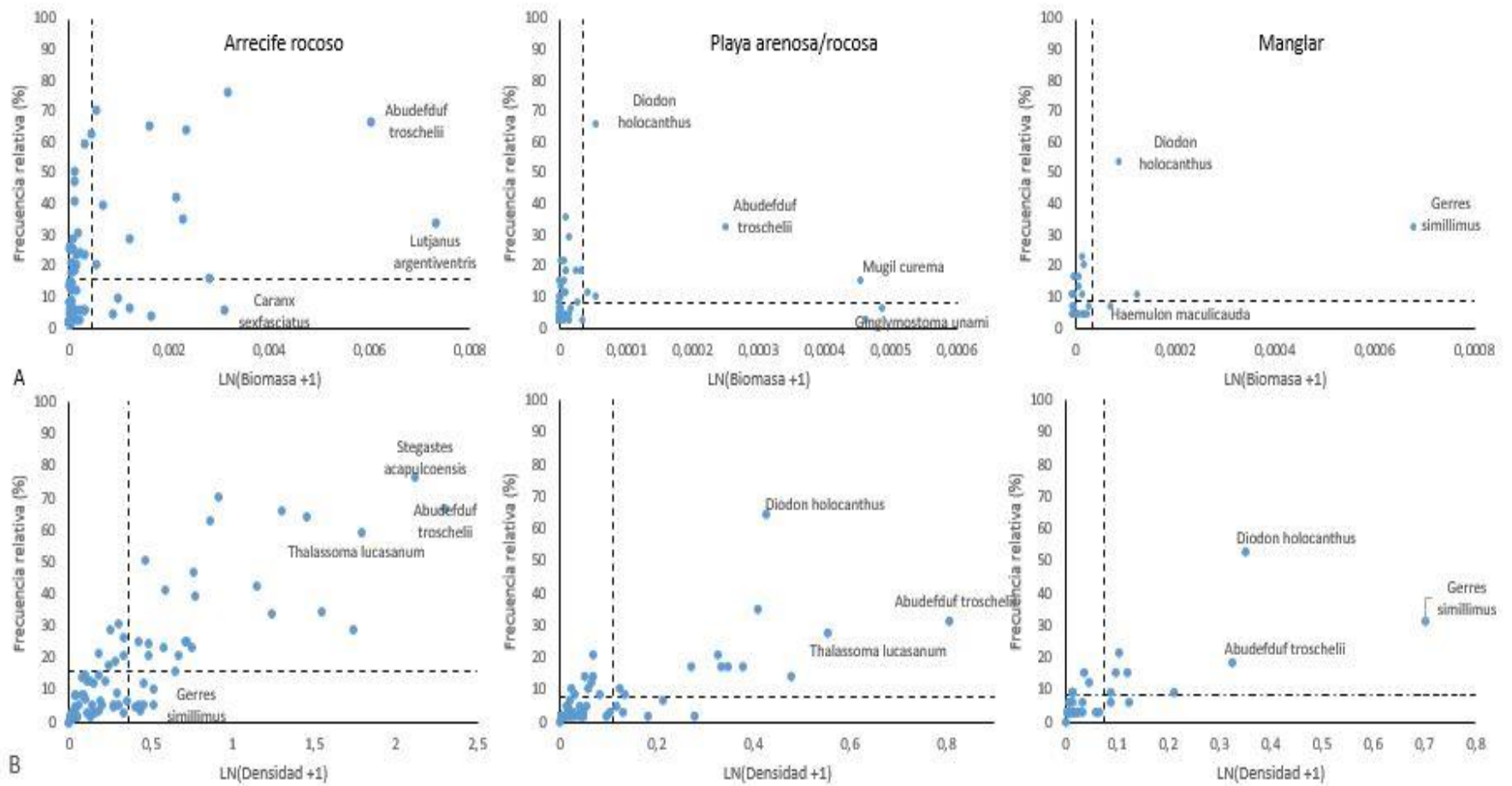


Figura 19. Análisis de dominancia de especies según los sustratos presentes en bahía Santa Elena, tomando en cuenta la biomasa calculada (A) y la densidad de individuos observados (B) en el periodo de muestreo

Los valores calculados de biomasa para los diferentes niveles tróficos presentes en la bahía variaron según el sustrato analizado durante el periodo de muestreo. Los arrecifes rocosos presentan dos incrementos en la biomasa en los meses de abril del 2019 y julio del 2018, siendo este último mes el más elevado producto del incremento de peces piscívoros en la zona. Las playas arenosas/rocosas en la bahía presentaron una disminución en la biomasa de todos los niveles tróficos, no obstante, se identificaron los macroinvertebrados como los principales residentes en este tipo de sustrato, con dos incrementos en los meses muestreados de septiembre del 2018 y mayo del 2019, este último de similar magnitud al comportamiento de los peces piscívoros y la zona interna que corresponde al área de manglar, presentó un comportamiento muy similar a las playas arenosas/rocosas, donde predomina la biomasa de organismos macroinvertebrados, mostrando dos incrementos significativos en los meses de junio 2018 y octubre del 2018 (Figura 20).

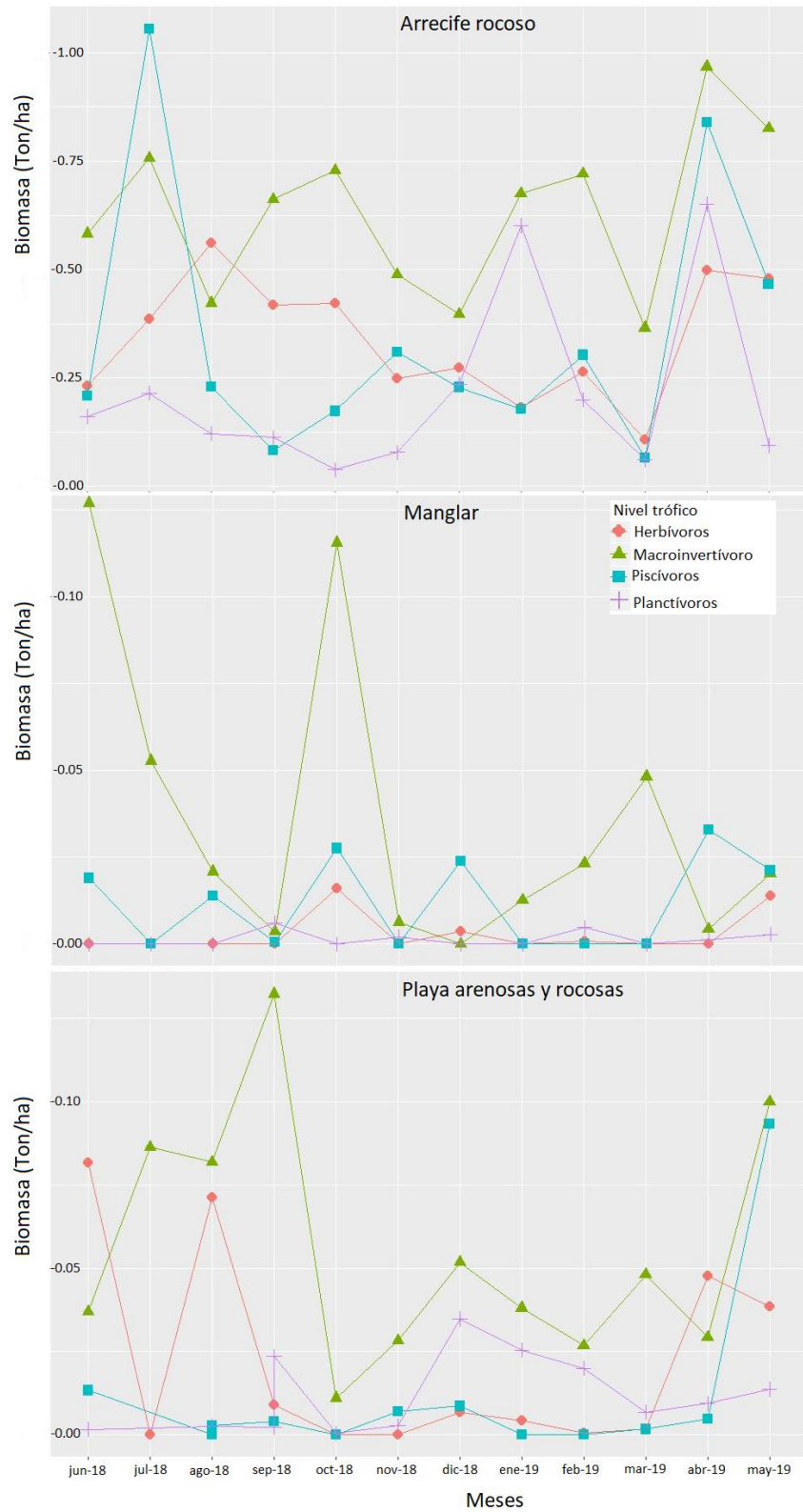


Figura 20. Distribución temporal de las biomásas por nivel trófico presente en los sustratos de bahía Santa Elena.

5. Discusión

La diversidad de sustratos presentes en la bahía como playas arenosas, arrecifes rocosos, bosques de manglar y playas rocosas (Figura 3) proporcionan diferentes ambientes marino-costeros dentro de la misma, brindando la oportunidad de desarrollar diferentes actividades turísticas no extractivas como el snorkeling, el buceo, entre otras (Figura 7). Además, esta bahía también es zona de migración de grandes cetáceos como ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*), delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*), delfines manchados (*Stenella attenuata*) y delfines Calderón (*Pseudorca crassidens*), estas especies se observaron durante los meses de septiembre hasta febrero, utilizando las aguas someras de la zona media y externa como zona de descanso o alimentación (Martínez-Fernández et al., 2011, 2014), los cuales proporcionan a su vez otra fuente de turismo a los habitantes de la zona, fomentando el avistamiento de cetáceos dentro de su oferta de actividades turísticas en la bahía y alrededores (Benavides Vindas, 2019).

Debido a la posición geográfica privilegiada de la bahía Santa Elena, la cual, proporciona refugio natural para la flota pesquera y turística artesanal, de los cuales las comunidades aledañas de Puerto Soley, El Jobo y Cuajiniquil son los principales utilitarios, esto gracias a que la bahía no es afectada por de los fuertes vientos que se presentan en la zona afuera de la bahía, estos mismos vientos contribuyen con el afloramiento costero del Pacífico Norte costarricense, el cual genera mayor productividad primaria y por ende mayor productividad pesquera (Eisele et al., 2020; M. Stukel et al., 2015).

La principal actividad económica de la zona norte del país es la pesca extractiva, ya sea artesanal o pesca de palangre, con un incremento en los últimos años de la pesca deportiva y recreativa propiamente dentro de la bahía (Figura 4

Figura 5). La morfología del golfo, su diversidad de sustratos y la presencia del afloramiento costero aumentan la productividad primaria de la zona y con ella aumenta a su vez la biomasa de vertebrados planctívoros, este incremento se observó en los meses de diciembre y enero, los mismos corresponden al inicio del afloramiento costero en el Pacífico Norte costarricense, los representantes de los grupos tróficos superiores (piscívoros y macroinvertívoros) experimentaron un incremento proporcional los meses subsiguientes (Figura 20), evidenciando el efecto cascada que atrae a grandes depredadores a estas aguas, muchas de estas especies son de alto valor comercial o turístico para las comunidades

aledañas a la bahía (Carrillo et al., 2019; Moreno-Díaz & Alfaro, 2018; Zavala Álvarez, 2013).

La dinámica observada entre las comunidades pesqueras de la zona y la alta biodiversidad de vertebrados marinos evidenció la necesidad de instaurar una categoría de manejo en la bahía, esta categoría de manejo multidisciplinaria debe garantizar la perpetuidad de los recursos naturales y pesqueros. El área marina de manejo bahía Santa Elena (AMM-BSE), responde a la necesidad de fiscalizar de manera participativa con las comunidades un uso sostenible de la bahía, enmarcado en una zonificación de uso, actores claves y lineamientos de las técnicas extractivas que se pueden utilizar en las diferentes zonas de la bahía (SINAC, 2017). La dinámica pesquera del Pacífico Norte costarricense presenta características singulares que inciden directamente sobre el stock de los recursos pesqueros de la zona. Esta estacionalidad presente la zona, se debe al afloramiento costero, el cual diversifica las especies objetivo de todos los artes de pesca utilizados en la zona (

Figura 5), así como a su vez permite el reclutamiento de las especies al disminuir la presión pesquera durante los meses del afloramiento costero, ya sea por disminución en las faenas de pesca o bien por sustitución de las especies objetivo (Naranjo, 2011; Villalobos-Rojas et al., 2014)

Estas particularidades del Pacífico Norte costarricense, ya sean geomorfológicas u oceanográficas, se suman a una rica composición de sustratos marinos, dominado principalmente por piedra volcánica, que provee una alta productividad de fauna marina, aumentando la biodiversidad como se observó en la Figura 8, donde la mitad de las zonas monitoreadas corresponden a este tipo de sustrato y aportan alrededor de 100 especies de vertebrados marinos de distintos grupos taxonómicos y a su vez estos aportan mayor biomasa de los diferentes grupos tróficos analizados con variantes temporales a lo largo de año (ver Figura 20), la complejidad del sustrato, la dinámica oceanográfica y la disponibilidad de refugio o fuentes alimenticias primarias para niveles tróficos superiores proporciona caladeros de pesca importantes para las comunidades aledañas de vertebrados e invertebrados marinos (Aburto-Oropeza et al., 2015; Carminatto, Rotundo, Butturi-Gomes, Barrella, & Petre Junior, 2020; Moreno Díaz, Moya Roque, & Alfaro Martínez, 2017; Trebilco, Dulvy, Stewart, & Salomon, 2015).

Debido a que muchas de estas especies utilizan las zonas de manglar y los arrecifes

rocosos como áreas de guardería para las primeras fases ontogénicas de su progenie, la bahía Santa Elena posee extensiones considerables de estos sustratos, las capturas mediante pesca deportiva de pargos (Lujanidae) y jureles (Carangidae) evidenciaron afinidad de fases juveniles en estos sustratos, como se observó en las Figura 13Figura 14, las mayoría de las especies capturadas no alcanzaron aún la talla media de madurez sexual (Alvarez-Lajonchère & Ibarra-Castro, 2012; Duncan et al., 2011; Quoy et al., 2017). Este comportamiento responde a la etología de las especies analizadas, debido a que estos utilizan los sustratos mencionados como refugio y zonas de alimentación. La mayoría de estas especies de peces óseos y cartilagosos corresponden a especies de interés comercial por la flota pesquera artesanal y turística que utilizan el sector (Di Lorenzo et al., 2016b; Harasti et al., 2015; Murchie & Adams, 2015; Ramirez-Martínez, G. A., Castellanos-Galindo, G. A., & Krumme, 2016).

De manera similar, las zonas con mayor influencia de agua dulce como las zonas lodosas y los bosques de manglar presentan afinidad de especies piscívoras de interés comercial como pargos (Lutjanidae), jureles (Carangidae), robalos (Centropomidae), meros y cabrillas (Serranidae) (Figura 12Figura 13), muchos de los individuos capturados durante el periodo de monitoreo corresponden a individuos juveniles como se observó en la Figura 14. El incremento en la presencia de peces cartilagosos como tiburones nodriza (*Ginglymostoma unami*) y rayas látigo (*Himantura pacifica* o *Dasyatis longus*) en las zonas internas de la bahía, asociada a sustratos fangosos y con bosques de manglar (Figura 3 Figura 10) se puede explicar debido a la dinámica depredador-presa, ya que estos sustratos también presentan afinidad y dominancia de especies de mojarras (Guerridae) y lisas (Mugilidae) según lo observado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde las bajas profundidades, la turbidez y la dinámica de la marea, brindan el nicho de caza necesario para que desarrollen estas relaciones ecológicas (Glazner et al., 2020; Marley et al., 2019; Reis-Filho et al., 2016).

Las playas arenosas y rocosas ubicadas en la zona media de la bahía presentan una comunidad de vertebrados marinos similar a la presente en la zona interna, como se observó en la Figura 17, donde la similitud entre los sitios analizados agrupo los tres arrecifes rocosos analizados y de manera homologa, las comunidades de las zonas de manglar fueron más afines en cuanto a la composición de la comunidad de vertebrados marinos con las playas

arenosas/rocosas, sin embargo, la presencia de especies arrecifales es más frecuente en estos sustratos con mayor rugosidad, incorporando mayor número de especies de niveles tróficos como herbívoros y macroinvertebrados, como damiselas sargento (*A. troschelii*) pertenecientes a la familia Pomacentridae (Figura 19), así como algunos peces ballesta (Balistidae) los cuales aprovecha estos sustratos para alimentarse de pequeños invertebrados marinos (Berkström et al., 2020; Henderson et al., 2019).

Los arrecifes rocosos ubicados en la zona externa presentan una comunidad de vertebrados marino con mayor presencia de macroinvertebrados, las especies dominantes en este sustrato varían en relación densidad y biomasa con las reportadas para los sustratos más internos de la bahía (Figura 19). La diversidad de invertebrados marinos asociados a ecosistemas arrecifales proporciona mayor variabilidad de fuentes de alimento, la baja turbidez y la exposición a las corrientes marinas con nutrientes en la columna de agua, incrementa la diversidad de organismos fotosintetizadores y filtradores, atrayendo a vertebrados marinos herbívoros y planctívoros, como se identificó en la Figura 20, donde la biomasa de estos dos grupos tróficos es mayor en los arrecifes rocosos en comparación con los otros sustratos analizados (Berkström et al., 2020; Ferguson et al., 2016; Franco & Santos, 2018).

Estas relaciones inter-específicas son de conocimiento empírico por los usuarios de las comunidades costeras, razón por la cual desarrollan sus actividades económicas en dependencia del objetivo de estas, como se observó en la Figura 5. Los pescadores artesanales utilizan los arrecifes rocosos y zonas aledañas como caladeros de pesca, debido a la asociación ecológica que existe entre estos sustratos y los grandes depredadores que son las especies de interés para su actividad (Octavio Aburto-Oropeza et al., 2015b; Burt et al., 2018; Dunn et al., 2017), aunado a esto, este tipo de sustrato es el hábitat de algunos invertebrados marinos de interés comercial como el pulpo (*Octopus sp*) y la langosta espinosa (*Panulirus gracilis*), especies que extraen con artes de pesca subacuática en las zonas más externas de la bahía, en la Figura 6 se identificó este arte de pesca como el segundo más utilizado en bahía Santa Elena (Naranjo, 2010; Naranjo Madrigal, H., & Salas Márquez, 2014). De igual manera, la pesca deportiva o turística en la zona es menos selectiva y aprovecha la dinámica depredador–presa anteriormente mencionada a lo largo de la línea costera de la bahía (Figura 6Figura 12), siendo los sustratos rocosos y fangosos con bosque de manglar en la línea

costera los más productivos para este arte, debido a la alta movilidad de los peces piscívoros en busca de potenciales presas (Dunn et al., 2017; Glazner et al., 2020; Marley et al., 2019).

No obstante, las actividades turísticas no extractivas como el snorkeling y el buceo, presentan afinidad con los arrecifes rocosos y parches coralinos presentes en la bahía. La belleza escénica, menor turbidez y mayor diversidad de especies asociadas a estos sustratos los convierte en un atractivo turístico, estos ecosistemas poseen una mayor biomasa de vertebrados marinos como se observó en la Figura 20, debido a la disponibilidad de recursos alimenticios y refugio que ofrecen estos ecosistemas a las especies asociadas (Octavio Aburto-Oropeza et al., 2015b; Teixeira-Neves, T. P., Neves, L. M., & Araújo, 2015).

De manera similar, los servicios asociados a observar la fauna marina desde la superficie se desarrollan como actividad ecoturística en la zona debido a las características geomorfológicas y oceanográficas de la bahía. El incremento de observaciones a bordo de vertebrados marinos en sustratos como los bosques de manglar y las playas arenosas responde al uso etológico de las especies con eventos climatológicos propios del sitio, como se observó en la Figura 11, donde el incremento de las observaciones a bordo coincide con el periodo de afloramiento costero, evidenciando el rol ecosistémico de la bahía como zona de refugio o descanso (Martínez-Fernández et al., 2014; Moreno Díaz et al., 2017; Tisseaux-Navarro et al., 2021).

En cuanto a las zonas lodosas y los bosques de manglar, estas presentan un sustrato con menor complejidad estructural, así como una mayor turbidez, asociada a estos tipos de sustratos, estas variaciones también se explican debido a la dinámica de las mareas y el aporte de sedimentos de las fuentes dulceacuícolas, esto se ve expresado en la Figura 20 donde estos sustratos reportaron una menor diversidad y biomasa de todos los grupos tróficos durante el periodo de monitoreo realizado en la bahía (Neves et al., 2016; Reis-Filho et al., 2016). Sin embargo, la diversidad de peces piscívoros reportados mediante la técnica de pesca deportiva, identificó las zonas de manglar y playas rocosas como las zonas con mayor presencia de estas especies durante el periodo de monitoreo en la bahía, este comportamiento se puede explicar debido a la afinidad que existe en estos sustratos con potenciales presas (Dunn et al., 2017; Muñoz-Cordovez et al., 2021).

Esta diversidad de representantes de peces piscívoros reportados en la bahía Santa Elena, tanto de interés comercial como turístico (Figura 13), permitió evidenciar el papel

ecológico de la bahía en muchas de estas familias como ecosistema crítico, por su papel como área de crianza y alimentación para muchos de estos depredadores (Eisele et al., 2020; Huijbers et al., 2015a).

Dentro de esta diversidad observada en la bahía, algunas de las especies reportadas mediante la técnica de observaciones a bordo pertenecen a mega-fauna presente en la zona (Figura 10). Algunos de estos individuos identificados pertenecen a diferentes grupos taxonómicos como cetáceos, quelonios, peces cartilagosos e incluso serpientes marinas (*Hydrophis platurus*) y cocodrilos (*Cocodylus acutus*). La bahía brinda refugio, debido al poco disturbio antropogénico por su ubicación geográfica, al ser un sistema semi-cerrado carece de fuertes corrientes, donde predomina la influencia de las mareas, así como la intensidad de los vientos (Tisseaux-Navarro et al., 2021), estas características la ubican como un área de paso y descanso de especies migratorias como las ballenas jorobadas (Martínez-Fernández et al., 2011) y algunas tortugas marinas, estas últimas aprovechan la zona y sus alrededores para alimentarse y reproducirse (Heidemeyer et al., 2014).

En este estudio no se detectó una presión pesquera de grandes embarcaciones como la ejercida por la pesca de arrastre o de palangre en la bahía (Figura 7) y la cercanía de esta, con el área marina protegida sector murciélagos del Parque Nacional Santa Rosa, corresponden a factores geográficos que contribuyen con la alta biodiversidad y biomasa de vertebrados marinos en la zona de estudio (Figura 8Figura 10). Los factores climáticos estacionales como el afloramiento costero del Pacífico Norte costarricense, influyen de manera positiva en salvaguardar la integridad ecológica de la zona, debido a que la flota pesquera de la zona se ve obligada a disminuir las faenas de pesca durante este periodo, por condiciones adversas (Di Lorenzo et al., 2016a; Eisele et al., 2020; Villalobos-Rojas et al., 2014).

El análisis de las poblaciones de vertebrados marinos, brinda un indicador del estado de salud de la zona, un área marina saludable posee un equilibrio “Top-Down” en los niveles tróficos, donde los niveles más altos ejercen una presión sobre los inferiores, manteniendo el control de estos, en cuanto a sus abundancias y biomasas, provocando un efecto de pirámide invertida, donde los valores más altos de biomasa son aportados por los piscívoros, seguidos por los macroinvertebrados, herbívoros y planctívoros respectivamente (Ulate et al., 2018). Estos niveles tróficos altos están generalmente compuestos por especies de peces óseos y

cartilagosos de alto interés pesquero o turístico. Ecosistemas balanceados brindan a los actores locales un servicio ecosistémico asociado como el turismo y todo el encadenamiento económico asociado a esta actividad. Todas estas actividades son un beneficio directo aportado por el “no uso” de los recursos con fines extractivos, sin embargo, el sector pesquero también percibe beneficios de las AMPs, dado que a mayor biomasa de especies de interés comercial en las zonas protegidas, mayor migración de estas especies a zonas aledañas, esto provoca mayor rentabilidad en la actividad pesquera, disminuyendo el tiempo de las faenas de pesca y maximizando las capturas de las especies objetivo o de valor comercial (Buxton et al., 2014; Di Lorenzo et al., 2016b; Ruiz-Sakamoto, 2015).

La bahía presentó una acentuada variación en la dominancia de ciertas especies o niveles tróficos en cada uno sustratos analizados. Dicha dominancia si se analiza en términos de densidad de individuos, presentan una abundancia considerable de peces damiselas (Pomacentridae) y peces señorita (Labridae), dominando sustratos como arrecifes rocosos, playas arenosas y rocosas, siendo los bosques de manglar y zonas lodosas las únicas que no presentan dominancia de estas familias en la bahía (Figura 19), donde se identificó a Mugilidae como familia dominante de estos sustratos en términos de densidad (Whitfield et al., 2012).

De manera similar, cuando analizó la dominancia de las especies de la bahía, según las biomásas estimadas se identificó a familias como pargos (Lutjanidae) y roncadoreos (Haemulidae) como las especies que predominan en sustratos como los arrecifes rocosos y las playas de la bahía; la disponibilidad de recursos alimenticios asociados al sustrato atrae a representantes de niveles tróficos superiores como los anteriormente mencionados, los cuales no presentan una alta densidad de individuos pero sus representantes alcanzan mayores tallas, aportando mayor biomasa (Bezerra et al., 2021). Sin embargo, las zonas de manglar y lodosas no varían, manteniendo a los peces lisa (Mugilidae) como los dominantes de estos sustratos para la bahía, lo anterior se explica debido a la baja diversidad de vertebrados marinos que presentan estos sustratos y a las tallas que alcanzan los representantes de esta familia, aportando de igual manera una biomasa considerable en comparación con las familias asociadas a este sustrato (Whitfield et al., 2012).

La dinámica observada en los peces piscívoros mostró afinidad con sustratos como los arrecifes rocosos y las zonas de manglar, haciendo un uso transitorio de las playas

arenosas y rocosas (Figura 12Figura 20), esta alta movilidad de este grupo trófico está asociada a la dinámica de la marea y al acceso a las potenciales presas (Dunn et al., 2017; Glazner et al., 2020). No obstante, muchas de las especies analizadas durante el periodo de monitoreo no correspondían a individuos adultos o maduros sexualmente (Figura 14). Estas especies realizan migraciones ontogénicas donde desarrollan sus primeras etapas de vida en las zonas internas de la bahía (zonas de manglar y lodosas) por disponibilidad de presas y refugio contra depredadores de mayor talla. Cuando estos organismos alcanzan mayores tallas migran a sustratos más productivos en la zona externa (arrecifes rocosos) donde pueden encontrar mayor biomasa y diversidad de presas, aumentando las probabilidades de éxito para estos depredadores (Huijbers et al., 2015b; Kimirei et al., 2011).

Los macroinvertebrados, corresponden al segundo nivel trófico más alto identificado en la bahía, estos organismos son de hábitos carnívoros pero su fuente principal alimenticia se basa en macroinvertebrados marinos como anélidos, cnidarios, esponjas, equinodermos, crustáceos y moluscos. Esta amplia variabilidad de fuentes alimenticias conlleva una considerable diversidad de especies agrupadas en este nivel trófico, el cual mostró una afinidad con sustratos como los arrecifes rocosos y las playas de la zona (Figura 15Figura 20). Debido a que los sustratos más complejos brindan un mejor sitio para el asentamiento de larvas de invertebrados sésiles y aumenta la disponibilidad de refugio de invertebrados móviles, agregando mayor biomasa de organismos, que a su vez son la fuente de alimento de muchos de los vertebrados marinos que pertenecen a este nivel trófico (Octavio Aburto-Oropeza et al., 2015b; Dunn et al., 2017).

Los vertebrados marinos herbívoros corresponden al tercer nivel trófico identificado en la zona, estos organismos basan su dieta en el consumo de algas calcáreas, costrosas o filamentosas, las cuales se desarrollan en dependencia de una sumatoria de factores abióticos como disponibilidad de nutrientes, intensidad lumínica, un sustrato adecuado para el crecimiento algal y una dinámica oceánica (oleaje) moderada que permita el crecimiento de las mismas (Ceccarelli et al., 2011). Estos factores dentro de la bahía son asociados a los arrecifes rocosos y las zonas de manglar, siendo el primero de estos el que mostró una mayor biomasa de vertebrados herbívoros, las zonas de manglar poseen mayor disponibilidad de algas filamentosas y de nutrientes debido a que los ríos aportan mayor cantidad de materia orgánica (detritus), pero por su dinámica mareal limitan el crecimiento algal (Eggertsen et

al., 2016; Strain & Johnson, 2013).

El cuarto nivel trófico identificado dentro de la bahía corresponde a los planctívoros, el mismo está compuesto de todos aquellos vertebrados marinos que se alimenten de fito o zooplankton en la columna de agua, estos organismos se movilizan en dependencia de la disponibilidad de recursos, razón por la cual no muestran una afinidad estrecha con los sustratos presentes en la bahía (Pinheiro et al., 2013; Truong et al., 2017). La variabilidad de recursos disponibles en la columna de agua para este grupo pueden asociarse a factores climatológicos (Figura 15), como un incremento en la precipitación, aumentando los nutrientes debido a las descargas de los ríos, propiciando afloramientos puntuales dentro de la bahía, o bien la marcada estacionalidad de la zona, donde el incremento de los vientos y disminución de la temperatura superficial, provocando el rompimiento de la termoclina lo que enriquece el sistema y con aumento de la radiación solar genera afloramientos costeros (Pinheiro et al., 2013; Truong et al., 2017).

En la bahía, el afloramiento costero presenta una marcada influencia en la biomasa de los diferentes grupos tróficos a lo largo del año (Figura 15 Figura 20), donde muchos de los vertebrados marinos de la zona se movilizan o utilizan la bahía en dependencia de la dinámica propiciada por la surgencia costera (Arias-Godínez et al., 2019; Eisele et al., 2020). Las mayores biomásas reportadas de vertebrados marinos se presentaron en la época de transición al finalizar el afloramiento y dar inicios las primeras precipitaciones en la zona (abril-julio), sin embargo, el periodo de transición de noviembre a enero no presentó un incremento de igual magnitud en la biomasa de vertebrados marinos, debido a que el inicio del afloramiento costero proporciona recursos alimenticios a especies principalmente planctívoras, estas en general alcanzan menores tallas, pese algunas excepciones (Basilone et al., 2020; Pulgar et al., 2013). Razón por la cual aportan poca biomasa en comparación con las especies que componen los grupos tróficos superiores (piscívoros y macroinvertívoros), estos últimos incrementan significativamente en el periodo de abril a julio, aumentando la magnitud de la biomasa estimada en la bahía para este periodo de transición (Thompson et al., 2012).

El descenso en la temperatura propicia el avistamiento de mayor diversidad de megafauna marina dentro de la bahía, muchas de estas especies encuentran refugio en este sitio debido a la intensidad de los vientos en la zona externa, proporcionando aguas ligeramente

más cálidas, efecto de las bajas profundidades que posee la zona y la alta radiación solar característica de la época seca del Pacífico costarricense (Martínez-Fernández et al., 2011). La presencia de agrupaciones de peces cartilaginosos en el interior de la bahía aumenta en la época de afloramiento debido a la disponibilidad de recursos y las condiciones físico-químicas del sitio, dándole un uso como área de descanso y refugio para especies que realizan grandes migraciones o bien especies residentes que utilizan el área como refugio durante el día y en la noche varía el uso a sitio de alimentación (Espinoza et al., 2011b; Schlaff et al., 2014).

Estas variaciones en la biodiversidad y uso de los vertebrados marinos presentes en la bahía, brinda un panorama de lo ecológicamente dinámico que es este sistema y visualiza la importancia de utilizar diversidad de técnicas de monitoreo en el lugar, parámetros como la biomasa estimadas mediante transectos visuales indican una marcada variación de los niveles tróficos en un espacio temporal, el cual puede estar asociado a las fuertes variaciones ambientales producto del afloramiento (Eisele et al., 2020; Fiedler & Lavín, 2017).

Las variaciones más acentuadas en las técnicas de monitoreo biológico utilizadas en la bahía correspondieron a las épocas de transición (noviembre-enero y abril-junio), siendo esta última la que mayor biomasa reportó durante el año de monitoreo. El cambio gradual de las condiciones físico-químicas del medio propicia la convergencia de una alta diversidad de especies en la zona, tanto migratorias como residentes, esta aglomeración eleva los valores de biomasa reportados mensualmente en los distintos niveles tróficos (Eisele et al., 2020; Fiedler & Lavín, 2017). Este incremento se debe a que algunas especies utilizan la bahía como zona de reproducción en estas épocas, aportando individuos adultos y maduros con mayores dimensiones que organismos juveniles o inmaduros de las mismas especies (Bezerra et al., 2021).

Sin embargo, la magnitud en términos de biomasa varía entre ambas épocas de transición del año, siendo la transición de noviembre a enero menos productiva que la transición de abril a junio, esta última presenta características particulares biológicas y sociales que pueden explicar este comportamiento, en términos biológicos durante el afloramiento costero el enriquecimiento del medio y el incremento del fitoplancton en el área, brinda las fuentes alimenticias para consumidores primarios, que a su vez movilizan a consumidores secundarios y niveles altos de la dinámica trófica (Basilone et al., 2020). En

términos sociales, la disminución de embarcaciones trabajando en la zona producto del incremento de la intensidad de los vientos, genera una especie de “veda natural” permitiendo a los recursos biológicos de la zona desarrollar sus ciclos ontogénicos con menor perturbación antropogénica durante el periodo de afloramiento (Villalobos-Rojas et al., 2014).

La caracterización de la dinámica biológica y socio-económica de la bahía permite un entendimiento más integral y fidedigno del sitio, los monitoreos biológicos complementarios, participativos y perdurables en el tiempo, generan información valiosa para la toma de decisiones en términos de manejo y aprovechamiento del sistema (Alvarado, Herrera, Corrales, Asch & Paaby, 2011). Aunado a esto, brindan parámetros basales del estado de salud de los ecosistemas presentes en el sitio y de la efectividad de las categorías de manejo impuestas en los mismos. Los cuales pueden ser evaluados en lapsos temporales definidos, con capacidad adaptativa en beneficio de los recursos del lugar y de los utilitarios de comunidades circundantes (Ulate et al., 2018). La representatividad de la mayoría de los sustratos presentes en la bahía brinda una línea base de la distribución espacial de los recursos marinos y sus diferentes utilitarios, permitiendo un análisis ecológico integral del rol que tiene la bahía dentro del golfo de Santa Elena y para el Pacífico Norte costarricense.

6. Conclusiones

Para realizar esta investigación el conocimiento empírico de actores locales fue fundamental, promover esta relación, así como la ciencia ciudadana es clave para garantizar el éxito y la perpetuidad de los ecosistemas presentes en la bahía Santa Elena. La biodiversidad de vertebrados marinos presentes en la bahía responde a la variabilidad de sustratos presentes en la zona, algunos de estos sustratos presentan alta productividad debido a la complejidad del sustrato e influencia de condiciones abióticas que incrementan la biomasa de los diferentes niveles tróficos basales. Dentro de los vertebrados marinos observados en el sistema los peces óseos presentan un uso más heterogéneo de la bahía, según su grupo trófico y la fase ontogénica de los individuos, sin embargo, los peces cartilaginosos muestran una dispersión más homogénea en los diferentes sustratos analizados, esto responde a la dinámica depredador-presa y la influencia de la marea dentro de la bahía.

Los diferentes sustratos descritos en una pequeña área de línea costera de la bahía Santa Elena, evidencia la diversidad de microhábitats presentes en la zona, los cuales poseen particularidades propias que sustentan diferentes estadios ontogénicos de muchas de las especies descritas en este trabajo. Muchas de estas corresponden al motor económico de las comunidades locales, ya sea de carácter comercial o turístico.

Las comunidades aledañas a la bahía Santa Elena presentan un fuerte vínculo con actividades pesqueras de carácter extractivo (pesca artesanal, palangre y deportiva) que generan una presión sobre los recursos biológicos de la zona, sin embargo, estos mismos recursos también son aprovechados para actividades no extractivas turísticas, dinamizando la economía de las comunidades que han incursionado en un enfoque más ecoturístico y menos extractivo.

Ecológicamente, la bahía Santa Elena posee una comunidad de vertebrados marinos dominada en cuanto a biomasa y densidad por especies de niveles tróficos superiores, siendo los piscívoros y macroinvertívoros los que aportan mayor diversidad de especies y biomasa, la presencia de varias especies de peces cartilaginosos evidencia un buen estado de salud del ecosistema.

Muchas de las especies reportadas durante el periodo de monitoreo de este estudio,

son especies altamente migratorias, evidenciando un uso transitorio de la bahía por estas especies, utilizándola como zonas de descanso y refugio. Otras especies utilizan la bahía como zonas de reproducción y desarrollo de estadios juveniles, estos roles son vitales en la dinámica ecológica del Pacífico Norte costarricense.

El efecto del afloramiento costero presente en el Pacífico Norte costarricense promueve una variación de especies residentes y migratorias, las cuales desarrollan importantes procesos ontogénicos en la zona, aumentando la diversidad de vertebrados marinos reportados durante el estudio. La categoría de manejo asignada a esta bahía atiende a un esfuerzo de conservación integral con las comunidades, brindando oportunidad de mejorar las relaciones entre los actores y con ello la gestión del área, al crear un sentido de pertenencia entre las comunidades implicadas en el proceso.

Este documento sirve como línea base sobre el estado de los vertebrados marinos presentes en la bahía en el momento de ser declarada Área Marina de Manejo, por lo cual brinda un panorama biológico sobre los estos organismos presentes en la zona durante un año continuo, la diversidad de actividades socio-económicas identificadas en la zona, fundamenta y refuerza la importancia de trabajar en manera conjunta con las comunidades.

7. Recomendaciones

Dado las características geográficas y biológicas de la bahía, así como la categoría de manejo que obtuvo durante el 2018 esta zona, el uso de herramientas de monitoreo ecológico como los programas PRONAMEC del SINAC, pueden generar información integral de los diferentes objetos de conservación presentes en la bahía. Esta bahía reúne varios de ecosistemas para los cuales se han diseñado estos programas de monitoreo y puede servir como laboratorio biológico debido a lo prístino y poco alterado que se encuentra este lugar, aunado a esto la zonificación presente en el plan general de manejo de bahía Santa Elena limita el impacto antropogénico, maximizando la relevancia de este sitio como una zona única de estudio.

La difusión y extensión de las investigaciones realizadas en el Pacífico Norte costarricense, para con las comunidades, permiten desarrollar una percepción más amplia de las posibilidades de actividades económicas a desarrollar en la zona, dándoles las herramientas técnicas y científicas para incursionar en turismo científico o ecoturismo y disminuir la presión extractiva sobre los recursos de la zona.

Dinamizar el ecoturismo mediante alianzas estratégicas con el sector hotelero, ICT y la municipalidad de la Cruz, las cuales pueden realizar campañas en la zona y promover la participación público-privada en temas como monitoreo, concientización, limpieza y vigilancia puede facilitar la gestión del área y maximizar los esfuerzos de manejo en la zona.

Debido al afloramiento costero presente en la zona, la periodicidad de los monitoreos biológicos tanto en época de afloramiento, como en época de no afloramiento en la zona, se propone realizar investigaciones puntuales en temas oceanográficos, pesqueros y etológicos, que puedan generar información más robusta del estado actual de los recursos marinos presentes en la bahía Santa Elena y en bahías aledañas.

Promover la educación ambiental en escuelas y colegios de la zona, sobre los recursos naturales presentes en la comunidad, representa un reclutamiento clave de las nuevas generaciones que ayuda a garantizar la perpetuidad y la protección del estado de salud de los ecosistemas presentes en la zona, dado que la participación activa de la comunidad en los procesos de manejo aumenta las probabilidades de una gestión exitosa de los recursos.

8. Referencias

- Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Danemann, G., Valdez, V., Murray, J., & Sala, E. (2008). Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(30), 10456–10459.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0804601105>
- Aburto-Oropeza, Octavio, & Balart, E. (2001). Community Structure of Reef Fish in Several Habitats of a Rocky Reef in the Gulf of California. *Marine Ecology*, *22*(4), 283–305. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0485.2001.01747.x>
- Aburto-Oropeza, Octavio, Ezcurra, E., Moxley, J., Sánchez-Rodríguez, A., Mascareñas-Osorio, I., Sánchez-Ortiz, C., Erisman, B., & Ricketts, T. (2015a). A framework to assess the health of rocky reefs linking geomorphology, community assemblage, and fish biomass. *Ecological Indicators*, *52*, 353–361.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.006>
- Aburto-Oropeza, Octavio, Ezcurra, E., Moxley, J., Sánchez-Rodríguez, A., Mascareñas-Osorio, I., Sánchez-Ortiz, C., Erisman, B., & Ricketts, T. (2015b). A framework to assess the health of rocky reefs linking geomorphology, community assemblage, and fish biomass. *Ecological Indicators*, *52*, 353–361.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.006>
- Alfaro, E. J. (2002). Some Characteristics of the Precipitation Annual Cycle in Central America And their Relationships with its Surrounding Tropical Oceans. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, *7*(2), 99–115.
- Alvarado, J. J., Herrera, B., Corrales, L., Asch, J., & Paaby, P. (2011). Identificación de las prioridades de conservación de la biodiversidad marina y costera en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, *59*(2), 829–842.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000200023
- Alvarez-Lajonchère, L., & Ibarra-Castro, L. (2012). Relationships of Maximum Length, Length at First Sexual Maturity, and Growth Performance Index in Nature with Absolute Growth Rates of Intensive Cultivation of Some Tropical Marine Fish. *Journal of the World Aquaculture Society*, *43*(5), 607–620.

<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00591.x>

- Anderson, R. C., Adam, M. S., Kitchen-Wheeler, A.-M., & Stevens, G. (2011). Extent and Economic Value of Manta Ray Watching in Maldives. *Tourism in Marine Environments*, 7(1), 15–27. <https://doi.org/10.3727/154427310X12826772784793>
- 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>
- Banichevich, A., & Lizano, O. (1998). Interconexión a nivel ciclónico-atmosférico entre el Caribe y el Pacífico centroamericano. *Revista Biología Tropical*.
- Basilone, G., Ferreri, R., Barra, M., Bonanno, A., Pulizzi, M., Gargano, A., Fontana, I., Giacalone, G., Rumolo, P., Mazzola, S., Genovese, S., McBride, R., & Aronica, S. (2020). Spawning ecology of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Strait of Sicily: Linking variations of zooplankton prey, fish density, growth, and reproduction in an upwelling system. *Progress in Oceanography*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102330>
- Bassey, G. (2010). *Evaluación ecológica de los arrecifes y comunidades coralinas de las islas Murciélagos y sección norte de la península de Santa Elena, Pacífico de Costa Rica*. Universidad Nacional.
- Beita-Jiménez, A., Alvarado, J. J., Mena, S., & Guzmán-Mora, A. G. (2019). Benefits of protection on reef fish assemblages in a human impacted region in Costa Rica. *Ocean and Coastal Management*, 169(July 2018), 165–170. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.12.023>
- Benavides Vindas, S. (2019). El aporte del turismo a la economía costarricense: más de una década después. *Economía y Sociedad*, 25(57), 1–29. <https://doi.org/10.15359/eyes.25-57.1>
- Berkström, C., Eggertsen, L., Goodell, W., Cordeiro, C. A. M. M., Lucena, M. B., Gustafsson, R., Bandeira, S., Jiddawi, N., & Ferreira, C. E. L. (2020). Thresholds in seascape connectivity: the spatial arrangement of nursery habitats structure fish communities on nearby reefs. *Ecography*, 43(6), 882–896. <https://doi.org/10.1111/ecog.04868>

- Bezerra, I. M., Hostim-Silva, M., Teixeira, J. L. S., Hackradt, C. W., Félix-Hackradt, F. C., & Schiavetti, A. (2021). Spatial and temporal patterns of spawning aggregations of fish from the Epinephelidae and Lutjanidae families: An analysis by the local ecological knowledge of fishermen in the Tropical Southwestern Atlantic. *Fisheries Research*, 239, 105937. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105937>
- Boada, J., Arthur, R., Farina, S., Santana, Y., Mascaró, O., Romero, J., & Alcoverro, T. (2015). Hotspots of predation persist outside marine reserves in the historically fished Mediterranean Sea. *Biological Conservation*, 191, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.017>
- Bohrmann, G., Heeschen, K., Jung, C., Weinrebe, W., Baranov, B., Cailleau, B., Heath, R., Hühnerbach, V., Hort, M., Masson, D., & Trummer, I. (2002). Widespread fluid expulsion along the seafloor of the Costa Rica convergent margin. *Terra Nova*. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.2002.00400.x>
- Burt, J. M., Tim Tinker, M., Okamoto, D. K., Demes, K. W., Holmes, K., & Salomon, A. K. (2018). Sudden collapse of a mesopredator reveals its complementary role in mediating rocky reef regime shifts. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1883). <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0553>
- Buxton, C. D., Hartmann, K., Kearney, R., & Gardner, C. (2014). When is spillover from marine reserves likely to benefit fisheries? *PLoS ONE*, 9(9), e107032. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107032>
- Carminatto, A. A., Rotundo, M. M., Butturi-Gomes, D., Barrella, W., & Petrere Junior, M. (2020). Effects of habitat complexity and temporal variation in rocky reef fish communities in the Santos estuary (SP), Brazil. *Ecological Indicators*, 108(April 2019), 105728. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105728>
- Carrillo, I. I. C., Partelow, S., Madrigal-Ballesteros, R., Schlüter, A., & Gutierrez-Montes, I. (2019). Do responsible fishing areas work? Comparing collective action challenges in three small-scale fisheries in Costa Rica. *International Journal of the Commons*, 13(1), 705–746. <https://doi.org/10.18352/ijc.923>
- Ceccarelli, D. M., Jones, G. P., & Mccook, L. J. (2011). *Interactions between herbivorous fish guilds and their influence on algal succession on a coastal coral reef*. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.01.019>

- Chung, N. C., Miasojedow, B., Startek, M., & Gambin, A. (2019). Jaccard/Tanimoto similarity test and estimation methods. *ArXiv*, 20(Suppl 15), 1–11.
<https://doi.org/10.1186/s12859-019-3118-5>
- CIZEE-CR. (2008). *Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Recursos Marinos y Costeros de Costa Rica*.
- Contreras-Catala, F., Sánchez-Velasco, L., Beier, E., & Godínez, V. M. (2015). Efectos de un remolino de mesoescala sobre la distribución de larvas de peces mesopelágicas en el Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(3), 575–582.
<https://doi.org/10.4067/s0718-19572015000400014>
- Cortés, J. (2012). Bibliografía sobre organismos, ambientes y procesos marinos y atmosféricos en Bahía Culebra, Pacífico norte, Guanacaste, Costa Rica (1922-2012). *Revista de Biología Tropical*, 60(SUPPL. 2), 231–242.
- Cortés, J. (2017). Marine biodiversity baseline for Área de conservación Guanacaste, Costa Rica: Published records. *ZooKeys*, 2017(652), 129–179.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.652.10427>
- Dávila-Camacho, C., Arceo, P., Pérez-España, H., & Bello-Pineda, J. (2015). Las pesquerías del Sistema Arrecifal Veracruzano SAV bajo un enfoque ecosistémico. *Revista Digital E-BIOS*, 2(8), 137–149.
- de Paz, N., Reyes, J., & Echegaray, M. (2002). Captura de tortugas marinas en Pisco-Paracas. *Memorias I Jornada Científica Reserva Nacional Paracas*, 244.
- Denyer, P., Cortés, J., & Cárdenes, C. (2005). Hallazgo de dunas fosiles del final del pleistoceno en Islas Murcielago. *Revista Geológica de América Central*, 6, 29–44.
- Denyer, Percy, & Kussmaul, S. (2000). *Geología de Costa Rica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Di Lorenzo, M., Claudet, J., & Guidetti, P. (2016a). Spillover from marine protected areas to adjacent fisheries has an ecological and a fishery component. In *Journal for Nature Conservation* (Vol. 32, pp. 62–66). Elsevier GmbH.
<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.04.004>
- Di Lorenzo, M., Claudet, J., & Guidetti, P. (2016b). Spillover from marine protected areas to adjacent fisheries has an ecological and a fishery component. In *Journal for Nature Conservation* (Vol. 32, pp. 62–66). Elsevier GmbH.

<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.04.004>

- di Sciara, G. N., Hoyt, E., Reeves, R., Ardron, J., Marsh, H., Vongraven, D., & Barr, B. (2016). Place-based approaches to marine mammal conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(August 2015), 85–100. <https://doi.org/10.1002/aqc.2642>
- Duncan, N., Ibarra-zatarain, Z., Hernández, C., García, N., Velasco-blanco, G., Rodríguez-ibarra, E., Ibarra-castro, L., Rodríguez, G., Isabel, M., Parra, A., Quintana-casares, J. C., Roque, A., & Valle, G. (2011). Maturation of the Pacific cubera snapper (*Lutjanus novemfasciatus*) in captivity. *Avances En Acuicultura y Manejo Ambiental*, 2, 39–55.
- Dunn, R. P., Baskett, M. L., & Hovel, K. A. (2017). Interactive effects of predator and prey harvest on ecological resilience of rocky reefs. *Ecological Applications*, 27(6), 1718–1730. <https://doi.org/10.1002/eap.1581>
- Eggertsen, L., Hammar, L., & Gullström, M. (2016). Effects of tidal current-induced flow on reef fish behaviour and function on a subtropical rocky reef. *Marine Ecology Progress Series*, 559, 175–192. <https://doi.org/10.3354/meps11918>
- 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*, July. <https://doi.org/10.1111/jfb.14639>
- Espinoza, M., Araya-Arce, T., Chaves-Zamora, I., Chinchilla, I., & Cambra, M. (2020). Monitoring elasmobranch assemblages in a data-poor country from the Eastern Tropical Pacific using baited remote underwater video stations. *Scientific Reports*, 10(1), 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74282-8>
- Espinoza, M., Cappo, M., Heupel, M. R., Tobin, A. J., & Simpfendorfer, C. A. (2014). Quantifying shark distribution patterns and species-habitat associations: implications of Marine Park Zoning. *PLOS ONE*, 9(9), e106885. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106885>
- Espinoza, M., Farrugia, T. J., & Lowe, C. G. (2011a). Habitat use, movements and site fidelity of the gray smooth-hound shark (*Mustelus californicus* Gill 1863) in a newly restored southern California estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 401(1–2), 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.03.001>
- Espinoza, M., Farrugia, T. J., & Lowe, C. G. (2011b). Habitat use, movements and site

- fidelity of the gray smooth-hound shark (*Mustelus californicus* Gill 1863) in a newly restored southern California estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 401(1–2), 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.03.001>
- FAO. (1995). *Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental* (Volumen II). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Ferguson, A. M., Harvey, E. S., & Knott, N. A. (2016). Herbivore abundance, site fidelity and grazing rates on temperate reefs inside and outside marine reserves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 478, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.02.008>
- Fiedler, P. C., & Lavín, M. F. (2017). *Oceanographic Conditions of the Eastern Tropical Pacific* (pp. 59–83). https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_3
- Franco, A. C. S., & Santos, L. N. dos. (2018). Habitat-dependent responses of tropical fish assemblages to environmental variables in a marine-estuarine transitional system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 211, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.02.003>
- Froese, R. Pauly, D. (2021). *FishBase*. www.fishbase.org
- García de León, A. (1988). Generalidades del análisis de cúmulos y del análisis de componentes principales. In *Instituto de Geografía, UNAM*.
- García, S. M. (2003). *The ecosystem approach to fisheries : issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook* (443rd ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Glazner, R., Blennau, J., & Armitage, A. R. (2020). *Mangroves alter predator-prey interactions by enhancing prey refuge value in a mangrove-marsh ecotone*.
- Gobierno de la República de Costa Rica. (2005). *Ley de Pesca y Acuicultura* (Vol. 2005).
- Harasti, D., Lee, K. A., Gallen, C., Hughes, J. M., & Stewart, J. (2015). Movements, Home Range and Site Fidelity of Snapper (*Chrysophrys auratus*) within a Temperate Marine Protected Area. *PLOS ONE*, 10(11), e0142454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142454>
- Heidemeyer, M., Arauz-Vargas, R., & López-Agüero, E. (2014). New foraging grounds for hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) and green turtles (*Chelonia mydas*) along the

- northern pacific coast of Costa Rica, central America. *Revista de Biología Tropical*, 62, 109–118. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20037>
- Henderson, C. J., Gilby, B. L., Schlacher, T. A., Connolly, R. M., Sheaves, M., Flint, N., Borland, H. P., & Olds, A. D. (2019). Contrasting effects of mangroves and armoured shorelines on fish assemblages in tropical estuarine seascapes. *ICES Journal of Marine Science*, 76(4), 1052–1061. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz007>
- Huijbers, C. M., Nagelkerken, I., & Layman, C. A. (2015a). Fish movement from nursery bays to coral reefs: a matter of size? *Hydrobiologia*, 750(1), 89–101. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2162-4>
- Huijbers, C. M., Nagelkerken, I., & Layman, C. A. (2015b). Fish movement from nursery bays to coral reefs: a matter of size? *Hydrobiologia*, 750(1), 89–101. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2162-4>
- Kimirei, I. A., Nagelkerken, I., Griffioen, B., Wagner, C., & Mgaya, Y. D. (2011). Ontogenetic habitat use by mangrove/seagrass-associated coral reef fishes shows flexibility in time and space. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92(1), 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.12.016>
- Lizano, O. (2007). Climatología Del Viento Y Oleaje Frente a Las Costas De Costa Rica. *Ciencia y Tecnología*, 25(12), 43–56.
- Lizano, O., & Alfaro, E. (2014). Dinámica atmosférica y oceánica en algunos sitios del Área de Conservación Guanacaste (ACG), Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(December), 17–31. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20018>
- Lizano, O. G. (2016). Distribución espacio-temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto alrededor del Domo Térmico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 64(1), S135–S152. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i1.23422>
- Loría-Naranjo, M., Samper-Villarreal, J., & Cortés, J. (2014). Structural complexity and species composition of Potrero Grande and Santa Elena mangrove forests in Santa Rosa National Park, North Pacific of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62, 33–41. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20030>
- Macías-Zamora, R. (1993). RELACIONES ENTRE LA PESCA DEPORTIVA Y COMERCIAL DEL PEZ VELA (*Istiophorus platyterud* EN EL PACIFICO MEXICANO. *Ciencias Marinas*, 49 Suppl 1, 104.

- Madrigal, E., Cabrera, J., Monge, J., & Pérez, F. (1983). Comparación entre dos poblaciones de *A canthina brevidentata* (Gastropoda : Mollusca) en dos zonas rocosas de Playa Panamá, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 32(1979), 11–15.
- Marley, G. S. A., Deacon, A. E., Phillip, D. A. T., Lawrence, A. J., & Marley, G. (2019). Mangrove or mudflat: prioritising fish habitat for conservation in a turbid tropical estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 632, 13–25.
- Martínez-Fernández, D., Montero-Cordero, A., & May-Collado, L. (2011). Cetáceos de las aguas costeras del Pacífico norte y sur de Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 59(March), 283–290.
- Martínez-Fernández, D., Montero-Cordero, A., & Palacios-Alfaro, D. (2014). Áreas de congregación de cetáceos en el Pacífico norte de Costa Rica : recomendaciones para la gestión del recurso. *Revista Biología Tropical*, 62(December), 99–108.
- Mazaris, A. D., Schofield, G., Gkazinou, C., Almpnidou, V., & Hays, G. C. (2017). Global sea turtle conservation successes. *Science Advances*, 3(9).
<https://doi.org/10.1126/sciadv.1600730>
- Moreno-Díaz, M.-L., & Alfaro, E. (2018). Valoración socioeconómica del impacto de la variabilidad climática sobre la pesca artesanal en Costa Rica. *Uniciencia*, 32(1), 18.
<https://doi.org/10.15359/ru.32-1.2>
- Moreno Díaz, M. L., Moya Roque, R., & Alfaro Martínez, E. (2017). Actividades Socioeconómicas que emplean recursos naturales de la zona marítimo-terrestre y marina en Costa Rica y su relación con la variabilidad climática. *Política Económica Para El Desarrollo Sostenible*, 2(2), 1–23. <https://doi.org/10.15359/peds.2-2.1>
- Muñoz-Cordovez, R. H., Carrasco, S. A., Ojeda, F. P., & Pérez-Matus, A. (2021). Predator tactics and prey densities modulate the strength of trophic interactions in a temperate rocky reef. *Marine Biology*, 168(3). <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03842-x>
- Murchie, K. J., & Adams, A. J. (2015). *Recreational Fisheries as Conservation Tools for Mangrove Habitats*. In American Fisheries Society Symposium .
https://www.researchgate.net/publication/282542077_Recreational_Fisheries_as_Conservation_Tools_for_Mangrove_Habitats
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(24).

- Naranjo, H. (2010). Caracterización de los sistemas operacionales, modalidades y artes de pesca utilizados para la captura de la langosta *Panulirus gracilis* (Streets, 1871) en Guanacaste, Costa Rica. *Journal of Marine and Coastal Sciences*, 2, 73–82.
<https://biblat.unam.mx/es/revista/revmar/articulo/caracterizacion-de-los-sistemas-operacionales-modalidades-y-artes-de-pesca-utilizados-para-la-captura-de-la-langosta-panulirus-gracilis-streets-1871-en-guanacaste-costa-rica>
- Naranjo, H. (2011). Biología pesquera de la langosta *Panulirus gracilis*. *Revista Biología Tropical*, 59(2), 619–633.
- Naranjo Madrigal, H., & Salas Márquez, S. (2014). Dinámica espacio-temporal del esfuerzo en una pesquería de buceo artesanal multiespecífica y sus efectos en la variabilidad de las capturas: Implicaciones para el manejo sostenible. *Biología Tropical*, 62(4), 1565–1586.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-77442014000400024&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Neves, L. M., Teixeira-Neves, T. P., Pereira-Filho, G. H., & Araújo, F. G. (2016). The Farther the Better: Effects of Multiple Environmental Variables on Reef Fish Assemblages along a Distance Gradient from River Influences. *PLOS ONE*, 11(12), e0166679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166679>
- Nielsen, V., & Quesada, M. (2006). *Ambientes Marino Costeros de Costa Rica*. *Ambientes Marino Costeros de Costa Rica*.
- Nowacek, D. P., Christiansen, F., Bejder, L., Goldbogen, J. A., & Friedlaender, A. S. (2016). Studying cetacean behaviour: new technological approaches and conservation applications. *Animal Behaviour*. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.07.019>
- Obando, V. (2002). *Biodiversidad en Costa Rica: estado del conocimiento y gestión*.
- Oksanen, A. J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., Hara, R. B. O., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., & Szoecs, E. (2016). Vegan: community ecology package. Ordination methods, diversity analysis and other functions for community and vegetation ecologists. R package. *ResearchGate*, December, 2–3.
- Pinheiro, H. T., Martins, A. S., & Joyeux, J. C. (2013). The importance of small-scale environment factors to community structure patterns of tropical rocky reef fish.

- Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(5), 1175–1185. <https://doi.org/10.1017/S0025315412001749>
- Pulgar, J., Poblete, E., Alvarez, M., Morales, J. P., Aranda, B., Aldana, M., & Pulgar, V. M. (2013). Can upwelling signals be detected in intertidal fishes of different trophic levels? *Journal of Fish Biology*, 83(5), 1407–1415. <https://doi.org/10.1111/jfb.12220>
- Quoy, C., Jayakumar, R., Nazar, A. K. A., & Ranjan, R. (2017). *Caranx sexfasciatus*.
- 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://www.jstor.org/stable/44857669?seq=1>
- Ramírez-Rodríguez, M. (2013). ESPECIES DE INTERÉS PESQUERO EN EL PACÍFICO MEXICANO: NOMBRES Y CLAVES PARA SU REGISTRO. *CICIMAR-IPN, SAGARPACONAPESCA*.
- Ramírez, F., Afán, I., Davis, L. S., & Chiaradia, A. (2017). Climate impacts on global hot spots of marine biodiversity. *Science Advances*, 3(2), 1–8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601198>
- Reis-Filho, J. A., Giarrizzo, T., & Barros, F. (2016). Tidal migration and cross-habitat movements of fish assemblage within a mangrove ecotone. *Marine Biology*, 163(5). <https://doi.org/10.1007/s00227-016-2885-z>
- Rodríguez-Sáenz, K., & Morales-Ramírez, A. (2012). Composición y distribución del mesozooplankton en una zona de afloramiento costero (Bahía Culebra, Costa Rica) durante La Niña 1999 y el 2000. *Revista de Biología Tropical*, 60(SUPPL. 2), 143–157.
- Román, M. (2007). *Desarrollo turístico e inmobiliario y preocupaciones ambientales Desarrollo turístico e inmobiliario costero y preocupaciones ambientales*.
- Ruiz-Sakamoto, A. (2015). *Estimación del valor económico total y catálogo de foto identificación de la manta gigante (manta birostris Walbaum, 1792) en el Archipiélago Revillagigedo*.
- Sánchez-Jiménez, A., Morales-Ramírez, Á., Samper-Villarreal, J., & Sánchez-Noguera, C. (2014). Percepción comunitaria y procesos de Gestión Integrada de Zonas Costeras en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(December), 139–

149. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20040>
- Sánchez-Noguera, C., Jiménez, C., & Cortés, J. (2018). Desarrollo costero y ambientes marino-costeros. *Revista de Biología Tropical*, 66(April), 309–327.
- Schipper, J., Chanson, J. S., Chiozza, F., Cox, N. A., Hoffmann, M., Katariya, V., Lamoreux, J., Rodrigues, A. S. L., Stuart, S. N., Temple, H. J., Baillie, J., Boitani, L., Lacher, T. E., Mittermeier, R. A., Smith, A. T., Absolon, D., Aguiar, J. M., Amori, G., Bakkour, N., ... Young, B. E. (2008). The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat, and Knowledge. *Science*, 322(5899), 225–230. <https://doi.org/10.1126/science.1165115>
- Schlaff, A. M., Heupel, M. R., & Simpfendorfer, C. A. (2014). Influence of environmental factors on shark and ray movement, behaviour and habitat use: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(4), 1089–1103. <https://doi.org/10.1007/s11160-014-9364-8>
- Schoijet, M. (2002). LA EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS A ESCALA MUNDIAL. *Problemas Del Desarrollo Revista Latinoamericana de Economía*, 33(129).
- Sibaja-Cordero, J. A., & García-Méndez, K. (2014). Spatial and temporal variation of rocky intertidal organisms: Bahía Panamá, North Pacific, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(December), 85–97. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20034>
- Sibaja-Cordero, J., Camacho-García, Y. E., & Vargas-Castillo, R. (2014). Riqueza de especies de invertebrados en playas de arena y costas rocosas del Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 63–84. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20033>
- SINAC. (2009a). *Análisis de vacíos de conservación en costa rica*.
- SINAC. (2009b). *GRUAS II: Propuesta de Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Volumen 3: Análisis de Vacíos en la Representatividad e Integridad de la biodiversidad marina y costera*.
- SINAC. (2017). *Plan General de Manejo del Sitio de Importancia para la Conservación Bahía Santa Elena*. 69.
- Sokal, R., & Rohlf, F. (1981). *Biometry*. W.H. Freeman and Company.
- Strain, E. M. A., & Johnson, C. R. (2013). The effects of an invasive habitat modifier on

- the biotic interactions between two native herbivorous species and benthic habitat in a subtidal rocky reef ecosystem. *Biological Invasions*, 15(6), 1391–1405.
<https://doi.org/10.1007/s10530-012-0378-7>
- Stukel, M., Benitez-Nelson, C., Decima, M., Taylor, A., Buchwald, C., & Landry, M. (2015). The biological pump in the Costa Rica Dome: An open-ocean upwelling system with high new production and low export. *Journal of Plankton Research*, 38(2), 348–365. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbv097>
- Stukel, M. R., Benitez-Nelson, C. R., Decima, M., Taylor, A. G., Buchwald, C., & Landry, M. R. (2015). The biological pump in the Costa Rica Dome: An open-ocean upwelling system with high new production and low export. *Journal of Plankton Research*, 38(2), 348–365. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbv097>
- Szuwalski, C. S., Vert-pre, K. A., Punt, A. E., Branch, T. A., & Hilborn, R. (2015). Examining common assumptions about recruitment : a meta-analysis of recruitment dynamics for worldwide marine fisheries. *FISH and FISHERIES*, 16, 633–648.
<https://doi.org/10.1111/faf.12083>
- Team, R. (2018). *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Teixeira-Neves, T. P., Neves, L. M., & Araújo, F. G. (2015). Hierarchizing biological, physical and anthropogenic factors influencing the structure of fish assemblages along tropical rocky shores in Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 98(6), 1645–1657.
<https://doi.org/10.1007/s10641-015-0390-8>
- Thompson, S. A., Sydeman, W. J., Santora, J. A., Black, B. A., Suryan, R. M., Calambokidis, J., Peterson, W. T., & Bograd, S. J. (2012). *Linking predators to seasonality of upwelling: Using food web indicators and path analysis to infer trophic connections*. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2012.02.001>
- 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(June 2018), 101671.
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101671>
- Trebilco, R., Dulvy, N., Stewart, H., & Salomon, A. (2015). The role of habitat complexity in shaping the size structure of a temperate reef fish community. *Marine Ecology*

- Progress Series*, 532, 197–211. <https://doi.org/10.3354/meps11330>
- Truong, L., Suthers, I. M., Cruz, D. O., & Smith, J. A. (2017). Plankton supports the majority of fish biomass on temperate rocky reefs. *Marine Biology*, 164(4). <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3101-5>
- Ulate, K., Alcoverro, T., Arthur, R., Aburto-oropeza, O., Sánchez, C., & Huato-soberanis, L. (2018). Conventional MPAs are not as effective as community co-managed areas in conserving top-down control in the Gulf of California. *Biological Conservation*, 228(May), 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.09.033>
- Vargas-Castillo, R. (2012). Nuevas adiciones a la fauna de crustáceos decápodos. *Revista Biología Tropical*, 60(April), 73–76.
- Villalobos-Rojas, F., Herrera-Correal, J., Garita-Alvarado, C., Clarke, T., & Beita-Jiménez, A. (2014). Actividades pesqueras dependientes de la ictiofauna en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(December), 119–138. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20038>
- Wehrtmann, I. S., & Cortés, J. (2009). Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America. In *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8278-8>
- Whitfield, A. K., Panfili, J., & Durand, J. D. (2012). A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology and fisheries aspects of this apparent species complex. In *Reviews in Fish Biology and Fisheries* (Vol. 22, Issue 3, pp. 641–681). <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9263-9>
- Zanella, I., & López, A. (2012). *Análisis de los recursos biológicos presentes en el sector marino del Área de Conservación Guanacaste (ACG)*.
- Zavala Álvarez, D. (2013). *Pesca artesanal en Bahía Salinas, Guanacaste : factores ambientales y socioeconómicos relevantes para su gestión*. <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/74208>

9. Anexos

Anexo 1. Entrevista dirigida a los buzos y pescadores de la comunidad de Cuajiniquil y el Jobo, Guanacaste, Costa Rica.

Nombre _____ Edad _____ Fecha _____

33. ¿Desde cuándo vive en la zona?
34. ¿Con quién vive y cuantos miembros de la familia son?
35. ¿Cuál es su principal fuente de trabajo?
36. ¿Esta fuente de trabajo es permanente o realiza otros trabajos ocasionales? ¿Cuáles?
37. Si su actividad de trabajo es la pesca. ¿Cuáles artes de pesca utiliza en sus faenas?
(Trasmallo, cuerda de mano, línea, arbaleta o caña y carrete)
38. ¿Cuántas veces a la semana realiza su trabajo?
39. ¿La embarcación que utiliza es propia, alquilada o bien realiza sus faenas en la embarcación de alguien más?
40. ¿Dentro de sus áreas de trabajo, se encuentra la Bahía de Santa Elena? Si su respuesta es no ¿Por qué?
41. O bien ¿le da algún tipo de uso a este sitio? (refugio, área de recreación u otros)
42. ¿Qué beneficios considera usted que aporta esta Bahía, a la comunidad?
43. ¿Considera usted que los recursos naturales o pesqueros han disminuido en cantidad y tamaño? Si su respuesta es afirmativa ¿Cuál considera que sea la razón?
44. ¿Conoce si existe algún tipo de plan de manejo o regulación para la Bahía de Santa Elena?
45. ¿Existe alguna organización gubernamental o privada que les brinde apoyo para mejorar su situación laboral? (INCOPECA, ONG, MINAET)
46. ¿Cuál es el principal factor climático que afecta sus actividades laborales? De haber algún factor ¿Cuánto tiempo se ven afectados?

47. ¿Considera usted importante la implementación de actividades alternativas para el desarrollo económico de la zona?
48. Existe competencia con pescadores de otras zonas en la BSE? Y cuales son los principales efectos que estos causan?

Anexo 2. Entrevista dirigida a los capitanes de la comunidad de Cuajiniquil y el Jobo, Guanacaste, Costa Rica.

Nombre _____ Edad _____ Fecha _____

17- ¿Cuáles actividades económicas desarrolla usted en Bahía Santa Elena?

- K-** Pesca deportiva o turística
- L-** Buceo
- M-** Avistamiento de cetáceos
- N-** Pesca artesanal
- O-** Snorkeling

18- ¿Cuántos viajes realiza usted a la semana por actividad a Bahía Santa Elena?

- A-** Pesca deportiva o turística: _____
- B-** Buceo: _____
- C-** Avistamiento de cetáceos: _____
- D-** Pesca artesanal: _____
- E-** Snorkeling: _____

19- ¿Cuántos turistas lleva en cada tour a la Bahía Santa Elena, aproximadamente?

- A-** Pesca deportiva o turística: _____
- B-** Buceo: _____
- C-** Avistamiento de cetáceos: _____
- D-** Pesca artesanal: _____
- E-** Snorkeling: _____

20- ¿Cuál es el costo de combustible aproximado en un viaje a Bahía Santa Elena?

21- ¿Cuánto tiempo dura un viaje a BSE?

- A-** Pesca deportiva o turística: _____
- B-** Buceo: _____
- C-** Avistamiento de cetáceos: _____
- D-** Pesca artesanal: _____
- E-** Snorkeling: _____

22- ¿Cuánto cuesta un viaje a Bahía Santa Elena, para los turistas?

- A-** Pesca deportiva o turística: _____
- B-** Buceo: _____
- C-** Avistamiento de cetáceos: _____
- E-** Snorkeling: _____

23- ¿Qué especies de peces se extraen de Bahía Santa Elena de interés comercial?

24- ¿Cuánto cuesta el kilo de las especies anteriormente mencionadas?

Cuadro II. Lista de especies identificadas mediante observaciones a bordo en bahía Santa Elena durante el periodo 2018-2019.

Familia	N	Especies
Balaenopteridae	2	<i>Megaptera novaeangliae</i>
Delphinidae	3	<i>Pseudorca crassidens</i>
	2	<i>Stenella attenuata</i>
	1	<i>Tursiops truncatus</i>
Carcharhinidae	3	<i>Negaprion brevirostris</i>
Dasyatidae	9	<i>Hypanus longus</i>
Ginglymostomatidae	12	<i>Ginglymostoma unami</i>
Mobulidae	6	<i>Mobula munkiana</i>
Myliobatidae	19	<i>Aetobatus laticeps</i>
Rhinopteridae	4	<i>Rhinoptera steindachneri</i>
Carangidae	1	<i>Alectis ciliaris</i>
	1	<i>Gnathanodon speciosus</i>
Ephippidae	1	<i>Chaetodipterus zonatus</i>
Cheloniidae	2	<i>Chelonia agassizii</i>
	1	<i>Chelonia mydas</i>
	4	<i>Eretmochelys imbricata</i>
	3	<i>Eretmochelys imbricata bissa</i>
	6	<i>Lepidochelys olivacea</i>
Elapidae	7	<i>Hydrophis platurus</i>
Crocodylidae	3	<i>Crocodylus acutus</i>

Cuadro III. Tabla de especies capturadas en bahía Santa Elena durante el 2018-2019 con la metodología de pesca deportiva.

Especie	N	Longitud total (rango, cm)	Longitud Promedio (cm)	Biomasa total (Kg)	Biomasa promedio (Kg/pez)
<i>Pseudobalistes naufragium</i>	7	26.5 - 44.0	31.71 ± 6.18	5.078	0.725
<i>Sufflamen verres</i>	6	23.5 - 32.0	27.75 ± 3.37	2.793	0.466
<i>Tylosurus crocodilus fodiator</i>	3	48.0 - 150.0	87.71 ± 26.20	45.539	1.469
<i>Caranx caballus</i>	5	27.0 - 34.0	31.04 ± 3.83	2.877	0.575
	9				
<i>Caranx caninus</i>	1	20.0 - 87.0	42.90 ± 17.81	153.696	1.689
	1				
<i>Caranx sexfasciatus</i>	0	20.0 - 67.0	36.3 ± 14.36	10.976	1.098
<i>Elagatis bipinnulata</i>	3	96.0 - 107.0	101 ± 5.56	15.193	5.064
<i>Seriola rivoliana</i>	6	24.6 - 42.0	31.52 ± 7.50	3.653	0.609
<i>Negaprion brevirostris</i>	1	93	93.00	6.489	6.489
<i>Centropomus medius</i>	1	49	49.00	1.043	1.043
<i>Centropomus viridis</i>	4	37.5 - 56.0	47.75 ± 8.23	4.177	1.044
<i>Cirrhitus rivulatus</i>	1	24	24.00	0.079	0.079

Especie	N	Longitud total (rango, cm)	Longitud Promedio (cm)	Biomasa total (Kg)	Biomasa promedio (Kg/pez)
<i>Coryphaena hippurus</i>	1 5	80.5 - 157.0	94.88 ± 19.48	106.840	7.123
<i>Elops affinis</i>	1 2	34.0 - 62.0	45.95 ± 8.70	8.021	0.668
<i>Fistularia commersonii</i>	7	107.0 - 133.0	116.42 ± 8.42	20.191	2.884
<i>Gerres simillimus</i>	1	11.5	11.50	0.019	0.019
<i>Gymnura marmorata</i>	1	48.3	48.30	1.264	1.264
<i>Lobotes pacificus</i>	1 1	43	43.00	1.837	1.837
<i>Lutjanus aratus</i>	6	25.0 - 39.0	31.00 ± 4.52	5.649	0.353
<i>Lutjanus argentiventris</i>	1 5	23.0 - 40.0	28.46 ± 5.60	5.102	0.340
<i>Lutjanus colorado</i>	1 5	47.5-28.5	37.08 ± 6.15	8.529	0.569
<i>Lutjanus guttatus</i>	3	20.0 - 59.0	45.66 ± 22.23	3.094	1.031
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	1 7	23.0 - 52.0	34.94 ± 7.39	11.309	0.665
<i>Lutjanus peru</i>	1 1	20	20.00	0.094	0.094
<i>Nematistius pectoralis</i>	4	48.5 - 103.0	70.19 ± 18.74	66.800	4.771
<i>Ophichthus triserialis</i>	2	102.0 - 120.0	111 ± 12.72	3.152	1.576
<i>Euthynnus lineatus</i>	7	34.0 - 58.0	51 ± 9.06	11.606	1.658
<i>Scomberomorus sierra</i>	2	32.0 - 75.0	53.5 ± 30.40	2.319	1.160
<i>Alphestes multiguttatus</i>	1	15	15.00	0.042	0.042
<i>Cephalopholis panamensis</i>	2	20.0 - 31.0	25.5 ± 7.77	0.706	0.353
<i>Epinephelus labriformis</i>	2	21.0 - 26.0	23.5 ± 3.53	0.483	0.242
<i>Mycteroperca xenarcha</i>	9	25.5 - 41.0	31.61 ± 5.30	3.547	0.394
<i>Calamus brachysomus</i>	1	43	43.00	1.466	1.466
<i>Sphyraena ensis</i>	4	53.0 - 81.0	61.75 ± 14.84	4.315	1.079

Cuadro IV. Lista de peces óseos y cartilagosos reportados mediante censos visuales para bahía Santa Elena

Familia	Especie	Clasificación trófica	Nivel trófico (FishBase)	N	Longitud total (promedio, cm)	Biomasa total (Ton/ha)
Acanthuridae	<i>Acanthurus Nigricans</i>	Herbívoros	2.0 ± 00	6	15.0	0.018
	<i>Acanthurus triostegus</i>	Herbívoros	2.8 ± 0.35	62	15.4	0.201
	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	Herbívoros	2.9 ± 0.36	78	24.0	1.065
	<i>Prionurus laticlavus</i>	Herbívoros	2.7 ± 0.31	16	16.6	0.701
				7		
Apogonidae	<i>Apogon Dovii</i>	Planctívoros	3.4 ± 0.45	16	5.6	0.011
				0		
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	Macroinvertívoros	3.3 ± 0.37	3	25.0	0.032

Familia	Especie	Clasificación trófica	Nivel trófico (FishBase)	N	Longitud total (promedio, cm)	Biomasa total (Ton/ha)
	<i>Melichthys niger</i>	Planctívoros	2.4 ± 0	49	16.8	0.163
	<i>Pseudobalistes naufragium</i>	Macroinvertívoros	3.4 ± 0.40	33	16.9	1.620
	<i>Sufflamen verres</i>	Macroinvertívoros	3.3 ± 0.35	39	17.5	2.143
Belontiidae	<i>Tylosurus crocodilus fodiator</i>	Piscívoros	4.4 ± 0.4	6	36.7	0.057
Blenniidae	<i>Ophioblennius steindachneri</i>	Herbívoros	2.7 ± 0.25	28	13.8	0.026
	<i>Plagiotremus azaleus</i>	Macroinvertívoros	4.4 ± 0.78	6	13.3	0.003
Carangidae	<i>Caranx caballus</i>	Piscívoros	4.1 ± 0.54	31	20.2	2.506
	<i>Caranx caninus</i>	Piscívoros	3.9 ± 0.61	20	18.7	1.203
	<i>Caranx melampygus</i>	Piscívoros	4.5 ± 0.8	39	25.0	0.430
	<i>Caranx sexfasciatus</i>	Piscívoros	4.5 ± 0.6	14	20.0	2.015
	<i>Gnathanodon speciosus</i>	Macroinvertívoros	3.8 ± 0.60	22	30.0	0.427
	<i>Seriola rivoliana</i>	Piscívoros	4.5 ± 0.7	5	37.5	0.135
	<i>Trachinotus paitensis</i>	Macroinvertívoros	3.7 ± 0.55	1	50.0	0.057
	<i>Trachinotus rhodopus</i>	Macroinvertívoros	4.0 ± 0.61	98	16.7	0.164
Chaenopsidae	<i>Acanthemblemaria hancocki</i>	Planctívoros	3.4 ± 0.45	42	5.0	0.001
Chaetodontidae	<i>Chaetodon humeralis</i>	Macroinvertívoros	2.7 ± 0.24	25	10.8	0.485
	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	Macroinvertívoros	3.0 ± 0.44	82	12.5	2.797
Cheloniidae	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Macroinvertívoros	0	1	100.0	0.000
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Macroinvertívoros	0	1	80.0	0.000
Cirrhitidae	<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	Macroinvertívoros	4.0 ± 0.66	23	8.0	0.008
Cirrhitidae	<i>Cirrhitus rivulatus</i>	Macroinvertívoros	4.0 ± 0.67	16	18.6	0.019
Dasyatidae	<i>Hypanus longus</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.37	12	68.8	1.760
Diodontidae	<i>Diodon holocanthus</i>	Macroinvertívoros	3.9 ± 0.2	58	14.1	2.097
	<i>Diodon hystrix</i>	Macroinvertívoros	3.7 ± 0	30	23.7	0.760
Engraulidae	<i>Engraulidae sp</i>	Planctívoros	3.1 ± 0.36	21	6.8	0.145
Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i>	Piscívoros	4.3 ± 0.7	92	56.4	1.744
Gerreidae	<i>Gerres simillimus</i>	Macroinvertívoros	3.4 ± 0.3	52	10.5	0.243
Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma unami</i>	Piscívoros	4.2 ± 0.2	4	155.0	12.394

Familia	Especie	Clasificación trófica	Nivel trófico (FishBase)	N	Longitud total (promedio, cm)	Biomasa total (Ton/ha)	
Gobiidae	<i>Tigrigobius nesiotetes</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.37	1	6.0	0.000	
Gymnuridae	<i>Gymnura crebripunctata</i>	Macroinvertívoros	3.7 ± 0.6	1	35.0	0.015	
Haemulidae	<i>Anisotremus interruptus</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.37	28	20.0	0.280	
	<i>Anisotremus taeniatus</i>	Macroinvertívoros	4.2 ± 0.73	59	17.2	0.181	
	<i>Haemulon maculicauda</i>	Macroinvertívoros	4.2 ± 0.73	10 12	15.6	2.347	
	<i>Haemulon scudderii</i>	Macroinvertívoros	4.2 ± 0.73	13 0	14.0	0.834	
	<i>Haemulon sexfasciatum</i>	Macroinvertívoros	4.2 ± 0.73	1	20.0	0.008	
	<i>Microlepidotus brevipinnis</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.3	15 6	14.4	0.337	
	Hemiramphidae	<i>Hemiramphus saltator</i>	Planctívoros	4.0 ± 0.65	98	16.3	0.059
Holocentridae	<i>Myripristis leiognathus</i>	Planctívoros	3.1 ± 0.30	38	12.9	0.092	
	<i>Sargocentron suborbitale</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.48	27 8	15.4	0.608	
Kyphosidae	<i>Kyphosus elegans</i>	Herbívoros	2.9 ± 0.32	23	16.3	0.067	
	<i>Kyphosus ocyurus</i>	Planctívoros	3.5 ± 0.37	50	32.5	2.222	
Labridae	<i>Bodianus diplotaenia</i>	Macroinvertívoros	3.4 ± 0.46	29 7	17.1	0.662	
	<i>Halichoeres chierchiae</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.48	13 7	11.9	0.049	
	<i>Halichoeres dispilus</i>	Macroinvertívoros	3.9 ± 0.57	35 9	9.1	0.070	
	<i>Halichoeres nicholsi</i>	Macroinvertívoros	4.0 ± 0.61	96	13.4	0.116	
	<i>Halichoeres notospilus</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.43	6	7.5	0.001	
	<i>Thalassoma grammaticum</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.37	38 2	9.3	0.169	
	<i>Thalassoma lucasanum</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.41	14 42	9.2	0.430	
	Lutjanidae	<i>Hoplopagrus guentherii</i>	Macroinvertívoros	3.8 ± 0	14	18.6	0.098
		<i>Lutjanus aratus</i>	Piscívoros	4.1 ± 0.65	44	21.0	0.102
		<i>Lutjanus argentiventris</i>	Piscívoros	4.0 ± 0.63	65 7	17.8	2.756
<i>Lutjanus colorado</i>		Piscívoros	3.1 ± 0	3	31.7	0.041	
<i>Lutjanus guttatus</i>		Piscívoros	4.0 ± 0.2	11 3	12.0	0.102	
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>		Piscívoros	4.1 ± 0.72	38	25.7	0.378	
Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i>	Macroinvertívoros	2.8 ± 0.4	2	42.5	0.067	
Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	Herbívoros	2.0 ± 0	41 2	19.5	1.780	
Mullidae	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	Macroinvertívoros	3.7 ± 0.55	88	18.1	0.364	
Muraenidae	<i>Echidna nebulosa</i>	Macroinvertívoros	4.0 ± 0.65	3	83.3	0.095	

Familia	Especie	Clasificación trófica	Nivel trófico (FishBase)	N	Longitud total (promedio, cm)	Biomasa total (Ton/ha)
		voros				
	<i>Echidna nocturna</i>	Macroinvertívoros	3.9 ± 0.56	1	100.0	0.060
	<i>Gymnomuraena zebra</i>	Macroinvertívoros	3.4 ± 0.43	1	95.0	0.053
	<i>Gymnothorax castaneus</i>	Piscívoros	4.0 ± 0.67	8	78.3	0.435
	<i>Muraena argus</i>	Piscívoros	4.0 ± 0.6	3	66.7	0.068
	<i>Muraena clepsydra</i>	Piscívoros	4.0 ± 0.6	9	47.2	0.068
Myliobatidae	<i>Aetobatus laticeps</i>	Macroinvertívoros	4.2 ± 0.1	13	68.8	3.471
Ophichthidae	<i>Myrichthys tigrinus</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.4	1	40.0	0.003
	<i>Ophichthus triserialis</i>	Macroinvertívoros	3.8 ± 0.60	1	45.0	6.591
Pomacanthidae	<i>Holacanthus passer</i>	Macroinvertívoros	2.6 ± 0.33	15	18.5	1.070
	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	Macroinvertívoros	3.1 ± 0.32	31	9.2	0.032
Pomacentridae	<i>Abudefduf concolor</i>	Macroinvertívoros	2.7 ± 0.30	21	13.4	0.594
	<i>Abudefduf trochелиi</i>	Planctívoros	3.0 ± 0.32	26	11.4	4.753
	<i>Chromis atrilobata</i>	Planctívoros	3.4 ± 0.45	12	8.9	0.695
	<i>Microspathodon bairdii</i>	Herbívoros	2.5 ± 0.20	93	20.6	0.627
	<i>Microspathodon dorsalis</i>	Herbívoros	2.1 ± 0.05	66	19.5	5.202
	<i>Stegastes acapulcoensis</i>	Macroinvertívoros	2.0 ± 0	18	12.6	3.639
	<i>Stegastes flavilatus</i>	Macroinvertívoros	2.0 ± 0	19	11.0	0.371
Scaridae	<i>Scarus ghobban</i>	Herbívoros	2.0 ± 0	62	16.7	2.959
	<i>Scarus perrico</i>	Herbívoros	2.0 ± 0	9	23.8	0.064
	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	Herbívoros	2.0 ± 0	22	20.8	0.213
Scorpaenidae	<i>Scorpaena mystes</i>	Piscívoros	3.9 ± 0.2	2	20.0	0.008
Serranidae	<i>Alphesthes immaculatus</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.50	37	13.7	0.049
	<i>Cephalopholis colonus</i>	Macroinvertívoros	3.8 ± 0.59	14	12.2	0.226
	<i>Cephalopholis panamensis</i>	Piscívoros	4.2 ± 0.7	50	16.2	0.192
	<i>Epinephelus labriformis</i>	Piscívoros	4.0 ± 0.66	21	16.8	0.854
	<i>Mycteroperca xenarcha</i>	Piscívoros	4.5 ± 0.8	29	21.5	0.128
	<i>Rypticus bicolor</i>	Piscívoros	4.0 ± 0.7	7	13.3	0.008
	<i>Serranus psittacinus</i>	Macroinvertívoros	3.5 ± 0.4	25	10.3	0.146
Tetraodontid	<i>Arothron hispidus</i>	Macroinvertívoros	3.2 ± 0	94	19.6	0.651

Familia	Especie	Clasificación trófica	Nivel trófico (FishBase)	N	Longitud total (promedio, cm)	Biomasa total (Ton/ha)
ae		voros				
	<i>Arothron meleagris</i>	Macroinvertí voros	3.6 ± 0	87	19.4	0.542
	<i>Canthigaster punctatissima</i>	Macroinvertí voros	3.1 ± 0.4	10 8	8.9	0.062
	<i>Sphoeroides lobatus</i>	Macroinvertí voros	3.5 ± 0.4	90	17.4	0.359
Urotrygonid	<i>Urobatis halleri</i>	Macroinvertí voros	3.2 ± 0.1	3	31.7	0.045
ae	<i>Urobatis pardalis</i>	Macroinvertí voros	3.3 ± 0.3	3	25.0	0.023
	<i>Urotrygon chilensis</i>	Macroinvertí voros	3.6 ± 0.53	3	25.0	0.045
Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i>	Macroinvertí voros	2.5 ± 0	2	12.5	0.003