

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS

**ESTRUCTURA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA COMUNIDAD DE
PECES EN LA ZONA ARRECIFAL DEL PARQUE NACIONAL CAHUITA,
COSTA RICA, PARA EL PLANEAMIENTO DE ACCIONES DE MANEJO**

Por

Humberto López Ríos

Tesis sometida a la consideración del tribunal examinador del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar por el grado académico de Magister Scientiae en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en Manejo de Recursos Marino Costeros.

Heredia, Costa Rica.

2021

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Dr. José Vega Baudrit

Representante del Consejo Central de Posgrado

M Sc. Cristian Fonseca Rodríguez

Coordinador del posgrado o su representante

Dra. Lilliana Piedra Castro

Tutor de tesis

Dr. Luis Sierra Sierra

Miembro del Comité Asesor

M Sc. Ignacio Escorriola Giovannini

Miembro del Comité Asesor

Bach. Humberto Antonio López Ríos

Sustentante

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
RESUMEN	III
PALABRAS CLAVES: Parque Nacional Cahuita, peces de arrecife, parámetros fisicoquímicos, video transectos, hábitat.	III
ABSTRACT	IV
KEYWORDS: Cahuita National Park, coral fish, physicochemical parameters, video-transects, habitat. ...	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes de investigación	3
1.2 Justificación	6
1.3 El Problema	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 General:	8
1.4.2 Específicos:	8
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Estructura de una comunidad.....	9
2.2 Comunidad de peces de arrecife	9
2.3 Índices de riqueza, abundancia, densidad y diversidad.....	10
2.4 Parámetros fisicoquímicos.....	11
2.5 Especies indicadoras de la calidad del ecosistema arrecifal.....	12
3. MARCO METODOLÓGICO	13
3.1 Descripción y ubicación del área de estudio.....	13
3.1.2 Características geomorfológicas	14
3.1.3 Sitios de muestreo	16
3.2 Metodología	17

3.2.1 Técnicas de recolección de datos	17
3.2.2 Técnicas de análisis de datos	23
4. RESULTADOS	28
4.1 Estructura de la comunidad de peces.....	28
4.1.1 Composición	28
5. TALLER.....	49
"PROPUESTAS DE ACCIONES DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES ÍCTICAS DEL ARRECIFE CORALINO"	49
5.1 Foda.....	49
5.1.1 Fortalezas	49
5.1.2 Oportunidades	50
5.1.3 Debilidades.....	51
5.1.4 Amenazas	51
5.2 Mapa participativo comunitario	52
5.2.1 ¿Cómo se verán ustedes dentro de 10 años y su entorno?.....	52
5.2.2 ¿Qué hacer para mejorar?	53
6. DISCUSIÓN	56
7. CONCLUSIONES	65
8. RECOMENDACIONES.....	67
8.1 SINAC-ACLAC.....	67
8.2 Academias	68
8.3 Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	68
8.4 Asociación de Desarrollo Integral de Cahuita, guías y boteros.....	68
9. LITERATURA CITADA	69
10. ANEXOS:.....	86
Anexo 1	86
Hoja de campo para el análisis de los video transectos	86
Anexo 2	87
Invitación del taller impartido en la comunidad de Cahuita	87

Anexo 3	88
Especies frecuentes	88
Anexo 4	91
Taller	91
Resultados de la investigación	91
Anexo 5	92
Fotos de la realización del FODA	92
Anexo 6	97
Mapa participativo comunitario	97

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Valores afinidad para los índices de similitud de Jaccard y Bray-Curtis.....	27
Cuadro 2. Composición de la comunidad de peces de la zona arrecifal del Parque Nacional Cahuita entre 2018 y 2019.....	29
Cuadro 3. Índices ecológicos para cada sitio de muestreo por profundidad	34
Cuadro 4. Índice de Shannon total de especies de peces por muestreo, Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019	35
Cuadro 5 Comparación de la densidad promedio de la ictiofauna en los siete sitios muestreados durante esta investigación, Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.	36
Cuadro 6. Parámetros físicos y químicos (promedios) registrados en el arrecife del Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.	45
Cuadro 7. Variables físicas y químicas entre las zonas y meses muestreados en el arrecife del Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.	46
Cuadro 8. Sistema de escalas de bioindicadores de condición de la ictiofauna en arrecifes del Caribe....	48
Cuadro 9. Pautas propuestas para la conservación de las especies ícticas en los arrecifes coralinos del Parque Nacional Cahuita.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica	14
Figura 2. Área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo con sus profundidades, Playa Blanca (PB 1 m y PB 6 m), Punta Cahuita (PC 1 m y PC 10 m), y Puerto Vargas (PV 1m, PV 6m y PV 10 m).....	16
Figura 3. Esquema de la metodología de los video-transectos aplicada en este estudio en el Parque Nacional Cahuita	18
Figura 4. Trampa de sedimentos (TR), VA= varilla, TS= tapa sellada, BO= boca de la trampa, CO= código de identificación, CS= cuerda sintética, SM= sustrato muerto para clavar la varilla. Fuente: Garzón et al. (2002).....	19
Figura 5. Resumen metodológico para el trabajo de campo en esta investigación.....	21
Figura 6. Resumen metodológico desarrollado en el taller comunitario, Cahuita 2020.....	23
Figura 7. Composición de la ictiofauna por familia (porcentaje de especies totales) del Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.	33
Figura 8. Dendrograma de similitud de Jaccard para comparar (A) Punta Cahuita 1 m - Puerto Vargas 1 m (PC1-PV1); (B) Playa Blanca 1 m - Puerto Vargas 1 m (PB1-PV1); (C) Playa Blanca 1 m – Punta Cahuita 1 m (PB1-PC1); (D) para las tres zonas juntas Playa Blanca 1 m – Punta Cahuita 1 m – Puerto Vargas 1 m (PB1-PC1-PV1), en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.	37
Figura 9. Comparación de los dendrogramas de similitud de Bray Curtis para los sitios (A) Punta Cahuita 1 m - Puerto Vargas 1 m (PC1-PV1); (B) Playa Blanca 1 m – Puerto Vargas 1 m (PB1-PV1) ;(C) Playa Blanca 1 m – Punta Cahuita 1 m (PB1-PC1); y los tres sitios juntos (D), en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.	38
Figura 10. Dendrogramas de similitud de Jaccard para los sitios Playa Blanca 6 m y Puerto Vargas 6 m (PB6-PV6) (A), y similitud de Bray Curtis (B) para los mismos lugares (PB6-PV6) en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.	39
Figura 11. Dendrogramas de similitud para los sitios Punta Cahuita y Puerto Vargas a 10 m (PC10-PV10) de (A) Jaccard y (B) Bray-Curtis en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.....	40
Figura 12. Curva de acumulación de especies de peces del arrecife a partir del total de transectos realizados en esta investigación en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre el 2018 y 2019.	41
Figura 13. Especies de peces total identificados y distribuidas en sus grupos tróficos en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.	42
Figura 14. Grupos tróficos representados en las comunidades de peces, a 1 m de profundidad del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, 2018-2019. A) Playa Blanca, B) Punta Cahuita y C) Puerto Vargas.....	43
Figura 15. Grupos tróficos representados en las comunidades de peces, a 6 m de profundidad del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, 2018-2019. D) Playa Blanca 6 m y E) Puerto Vargas 6 m.	43

Figura 16. Grupos tróficos representados en las comunidades de peces, a 10 m de profundidad del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, 2018-2019. F) Punta Cahuita y G) Puerto Vargas. 44

Figura 17. Análisis de los componentes principales CP1 y CP2, utilizando como variables: especies, pH, temperatura, salinidad, oxígeno, transparencia y precipitación, en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019. 47

Dedicatoria

A Dios por haberme dado las fuerzas para terminar, a mis padres y hermanos por su apoyo en todo momento. Y a todas las personas que hicieron posible la culminación de este proyecto.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mi profesora tutora Dra. Lilliana Piedra Castro por su paciencia, ayuda, observaciones y comprensión con respecto a mi lucha contra el tiempo, para la terminación de este trabajo.

A mis asesores, el Dr. Luis Sierra Sierra y M.Sc. Ignacio Escorriola Giovannini por sus aportes, ayudas y sugerencias.

Al Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVISI) que, sin sus recursos humanos, equipo y ayuda no hubiera sido posible la realización de este trabajo final de graduación.

Al profesor Máster Maikol Chinchilla por su ayuda con los softwares y mapas.

El Fondo para el Fortalecimiento de las Capacidades Estudiantiles en Investigación de la Universidad Nacional (FOCAES) que, gracias a su ayuda económica se pudo sufragar el alquiler de la lancha, hospedaje y alimentación.

A don Manuel Mairena, por haberme transportado, compartir sus anécdotas y hacerme sentir seguro en el mar.

A los amigos, que me acompañaron en muchas de las giras, Rodrigo Méndez, Alex Araya, Gustavo Rojas, Ignacio Escorriola, José Andrés Marín y Carlos Viquez.

RESUMEN

El Parque Nacional Cahuita se encuentra en la región Caribe Sur de Costa Rica. El arrecife de coral que rodea la Punta Cahuita es el de mayor importancia en el país por su tamaño y número de especies de coral. Sin embargo, se desconoce la estructura y el estado de conservación actual de la ictiofauna arrecifal. El objetivo de esta investigación fue caracterizar la comunidad íctica de la zona arrecifal, para el planteamiento de propuestas de pautas de manejo de los recursos ícticos. Se realizaron 8 muestreos, en abril, mayo, setiembre y octubre del 2018; en mayo, setiembre y octubre del 2019, en tres zonas del arrecife de, Playa Blanca, Punta Cahuita y Puerto Vargas, a profundidades de 1, 6 y 10 m. Se realizaron 21 video-transectos de 100 x 2 m cada uno, contabilizando 4.345 individuos que corresponden a 90 especies distribuidas en 28 familias y 47 géneros. Las familias más numerosas fueron Labridae con 12 especies, Haemulidae con 10 especies, Pomacentridae con 10 especies, Scaridae con 8 especies, Labrisomidae con 7 especies, Lutjanidae y Gobiidae con 6 especies respectivamente. Se reportan tres nuevos registros de peces en la zona de Puerto Vargas: *Nomeus gronovii*, *Labrisomus conditus* y *Syngnatus caribbaeus* a profundidades entre 1, 6 y 10 m. Las especies observadas en todos los muestreos fueron *Stegastes adustus*, *Stegastes diencaeus*, *Stegastes spp*, *Haemulon macrostomum* y *Thalassoma bifasciatum*. Los índices ecológicos de diversidad y riqueza superiores se presentaron en Puerto Vargas a 6 m de profundidad. Igualmente, a 1 metro, este sitio mostró el valor superior en equidad de las especies presentes en el arrecife. Las densidades de herbívoros y carnívoros según la clasificación de bioindicadores se encuentran en una situación crítica. Además, la sedimentación es un problema que está provocando la degradación lenta del arrecife de coral, el aumento de macroalgas en el ecosistema y la migración de especies de peces con limitada capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones. Por esta razón, las pautas de manejo recomendadas para la conservación de la ictiofauna fueron dirigidas al monitoreo y reducción de las presiones antrópicas sobre el ecosistema marino.

PALABRAS CLAVES: Parque Nacional Cahuita, peces de arrecife, parámetros fisicoquímicos, video transectos, hábitat.

ABSTRACT

Cahuita National Park is located in the Southern Caribbean region of Costa Rica. The coral reef surrounding Punta Cahuita is the most important in the country for its size and number of coral species. However, the structure and conservation status of the ichthyofaunal is unknown. The objective of this research was to characterize the ichthyic community of the reef area in order to propose guidelines for the management of the marine ichthyofauna resources. Eight samplings were carried out in April, May, September, and October 2018; May, September, and October 2019, in three areas of the reef, Playa Blanca, Punta Cahuita, and Puerto Vargas, at depths of 1, 6, and 10 meters. Twenty-one video-transects of 200 m² were conducted, counting 4,345 individuals corresponding to 90 species and distributed in 28 families and 47 genera. The most numerous families were Labridae with 12 species, Haemulidae with 10 species, Pomacentridae with 10 species, Scaridae with 8 species, Labrisomidae with 7 species, Lutjanidae and Gobiidae with 6 species respectively. Three new records are reported in the Puerto Vargas area: *Nomeus gronovii*, *Labrisomus conditus* and *Syngnatus caribbaeus* at depths between 1, 6, and 10 meters. Only five species occurred in all samples, they were: *Stegastes adustus*, *Stegastes diencaeus*, *Stegastes spp*, *Haemulon macrostomum*, and *Thalassoma bifasciatum*. The superior diversity and richness of ecological rates were presented in Puerto Vargas at 6 meters deep. Likewise, at 1 meter, this site showed the superior equity value of the species present on the reef. The densities of herbivorous and carnivorous fish according to bioindicator classification are in a critical situation. In addition, sedimentation is a problem that is causing coral reef degradation, increased macroalgae in the ecosystem, and migration of fish species with the limited capacity of adaptation to new conditions. For this reason, the recommended management guidelines for the conservation of ichthyofaunal were aimed at monitoring and reducing anthropic pressures on the marine ecosystem.

KEYWORDS: Cahuita National Park, coral fish, physicochemical parameters, video-transects, habitat.

1. INTRODUCCIÓN

Las comunidades de peces en los arrecifes coralinos son consideradas como diversos, ya que alrededor de 6000 a 8000 especies habitan y dependen de estos ecosistemas (Moberg y Rönnback, 2003; Mumby, Edwards, Arias, Lindeman, y Blackwell, 2004). Representando el 31% de las descritas a nivel mundial (Côté y Knowlton, 2014). La cobertura coralina y rugosidad del mismo han mostrado influencia directa en la determinación de la abundancia y riqueza de la ictiofauna (Garpe y Öhman, 2003; Nanami, Nishihira, Suzuki, y Yocochi, 2005; Brokovich, Barrantes, y Goren, 2006).

Esa riqueza íctica se ha deteriorado debido a factores globales como el cambio climático y a acciones antropogénicas como la sobrepesca, uso inadecuado de las artes, la extracción de especímenes de coral y arena. De igual forma ha contribuido la contaminación por fuentes terrestres, el aumento de la sedimentación por el aporte de ríos y la destrucción de colonias coralinas por prácticas turísticas como el buceo recreativo autónomo y no autónomo (snorkel) (Connell, 1997; Jackson, 1997).

Las presiones señaladas anteriormente podrían afectar la relación entre la abundancia de peces y otros organismos marinos, el estado de los arrecifes de coral y su diversidad. Por consiguiente, el número de especies que habitan este ecosistema constituye una señal de la salud del mismo en cuanto a la acción antrópica a que está sometido (Caballero et al., 2004b). Esto ha constituido una de las primeras y reconocidas justificaciones usadas en la defensa para la protección de los recursos marinos (Delgado y Stedman 2004; Sale 2002).

En virtud de lo anterior, Reese (1993) menciona que la diversidad de peces es alta cuando el arrecife es saludable. Sin embargo, dependiendo del grado de perturbación a la cual esté sometido, la diversidad y la abundancia podría disminuir. Lo cual produciría un colapso de algunas poblaciones ícticas arrecifales, incrementando la problemática del recurso pesquero, y generando vulnerabilidad a las comunidades humanas que depende de la pesca costera para su subsistencia (Riegl, Bruckner, Coles, L., Renaud, y Dodge, 2009).

Otro factor que incide en la presencia y abundancia de peces es la temporalidad (Sale y Douglas, 1984), que es la variabilidad en los patrones del tiempo, que operan a distintas escalas como son: diales, lunares, estacionales e interanuales y a diversas escalas espaciales: locales, regionales y globales (Casselle y Warner, 1996; Viesca, 2003). Así mismo, eventos catastróficos como huracanes, fenómenos climáticos anormales e infestaciones de otras especies pueden cambiar la estructura del ensamble y del arrecife (Ault y Johnson, 1998).

En relación a los arrecifes coralinos del Caribe de Costa Rica, las comunidades de peces han sido menos estudiadas (Caldwell 1963, Phillips y Pérez 1984, Schaper 1996, Fonseca y Gamboa 2003), a pesar de poseer el arrecife mejor desarrollado en el Parque Nacional Cahuita (Alvarado et al. 2006). Sin embargo, éste ha sufrido disminución en la cobertura coralina y una baja tasa de crecimiento, así como pérdida y muerte de ciertos organismos presentes en este ecosistema, los cuales se atribuyen a la alta sedimentación y compuestos tóxicos producto de la actividad bananera que sufre la zona por parte del Río la Estrella (Cortés y Risk 1984, Cortés y Jiménez 2003).

Todas estas condiciones han sido consideradas por Groot, Wilson y Boumans (2002) como relevantes para la toma de decisiones en el manejo de los ecosistemas naturales acuáticos. Las cuales deben estar basadas en la sostenibilidad ecológica, en las percepciones culturales, de equidad, de la eficiencia y rentabilidad de los bienes y servicios de las comunidades locales. Por lo tanto, se requiere el análisis de la ictiofauna de la zona arrecifal de Cahuita desde un punto de vista ecológico, económico y social, que contribuya en la gestión de esa área marina protegida.

1.1 Antecedentes de investigación

Los ecosistemas marinos en la actualidad están mostrando un creciente y preocupante deterioro (Hoegh y Bruno, 2010). El detrimento de la salud de estos hábitats y sus comunidades biológicas ha sido provocado por el efecto sinérgico del impacto humano, de procesos y fenómenos naturales (Jackson et al. 2001; Hoegh y Bruno 2010; Kennedy et al. 2013). Por este motivo, uno de los ecosistemas que ha recibido atención ante esta problemática son los arrecifes de coral.

De hecho, los arrecifes del Caribe han presentado un marcado deterioro en su estado de salud durante décadas (Paddack et al. 2009; Hughes, Graham, Jackson, Mumby, y Steneck, 2010; Kennedy et al. 2013; Jackson, Donovan, Cramer, y Lam, 2014). Sin embargo, presentan los valores mayores de biodiversidad de peces del Atlántico, y constituyen uno de los centros de endemismo a nivel global, aun así, están bajo amenaza (Roberts, McClean, Veron et al., 2002). Por otro lado, su diversidad y redundancia funcional es inferior al de la ictiofauna de los arrecifes del Indo-Pacífico (Bellwood, Hughes, Folke, y Nyström, 2004).

Se ha verificado, que un cambio en la comunidad de peces es un reflejo del deterioro del hábitat y de grupos como corales y macroalgas (Claro, Cantelar, Pina, y García, 2007; Graham et al. 2008). Estas características hacen de la ictiofauna bioindicadores ideales de la efectividad de un área protegida. Además, su ecología los ha convertido en un elemento clave dentro de las redes tróficas y por tanto, en el equilibrio del ecosistema (Mumby et al. 2006; Micheli et al. 2014), lo que eleva la importancia de garantizar su buen estado de conservación.

Diversos estudios en el Caribe se han llevado a cabo para conocer el estado en que se encuentran las comunidades de peces. Por ejemplo, en Cuba (Parque Nacional Guanahacabibes), Cobián, Claro, Chevalier, Perera, y Caballero, (2011) efectuaron censos visuales en el arrecife, durante los períodos lluvioso y poco lluvioso. Las pruebas no mostraron variaciones estacionales significativas en la estructura de las comunidades de peces en los valores de densidad, biomasa y número de especies. Lo anterior puede estar asociado a la

ausencia de marcadas influencias terrígenas durante el ciclo anual (aguas fluviales, sedimentos, contaminantes, etc.) y el área no parece estar sometida a cambios regulares que justifiquen la existencia de diferencias estacionales en los mencionados indicadores.

Navarro (2015), entre los años 2011 y 2014, estudió la ictiofauna del Parque Nacional Punta Francés (PNPF) en Cuba y registró 105 especies. Se realizaron los muestreos empleando video-transectos con el método de estéreo video operado por buzos, encontrando escasez de peces de gran talla, de importancia comercial, ecológica y conservacionista. Concluyeron que el estado de la ictiofauna arrecifal del PNPF es reflejo de un insuficiente manejo y vigilancia.

En el Caribe de Costa Rica, podemos citar algunos de los trabajos referidos a la ictiofauna arrecifal. Fonseca, Salas y Cortés (2006) que evaluaron en el sitio Meager Shoal del arrecife de Cahuita, la composición y densidad de peces. Con el fin de comparar los resultados del monitoreo con los de otros países del Caribe, siguiendo la metodología de Productividad Marino Costera del Caribe (CARICOMP 1997, 2002). Reportaron una densidad baja de peces, que disminuyó de 20 ind/100m² en 1999, a 2 ind/100m² en 2004, posiblemente por el bajo relieve que tiene la estructura del ecosistema (Phillips y Pérez, 1984).

Adicionalmente, Sandel (2011) menciona que la estructura y salud de los arrecifes a nivel mundial se ha deteriorado dramáticamente, lo que se observa en forma de la pérdida de cobertura de coral vivo y de biodiversidad (Lesser y Slatery, 2011). Actualmente, los corales de la costa caribeña costarricense se ven perjudicados por un nuevo riesgo ambiental, el cual se presenta en forma de invasión por una especie exótica, el pez león (*Pterois volitans/ miles complex*). Concluye que las familias de peces afectadas por la presencia de este pez en el Caribe Sur son: Pomacentridae, Acanthuridae, Blenniidae, Labridae y Serranidae.

Arrieta (2013), en su trabajo de investigación sobre la estructura de la comunidad de peces de la zona arrecifal en el Caribe Sur de Costa Rica, programó inmersiones cercanas a la luna llena, ya que según pescadores locales hay mayor movilidad de peces; por ende, mayor probabilidad de avistamiento. En total, contabilizó 2283 individuos de 87 especies

pertenecientes a 36 familias, el mayor número estuvo representado por la familia Scaridae, con 10 especímenes, seguido por la familia Pomacentridae y Labridae con 7 respectivamente.

Palacios (2009), hizo una descripción de los senderos submarinos Perezoso y Eduardo en el Parque Nacional Cahuita realizando tres recorridos en cada uno, con equipo de buceo no autónomo (snorkeling) anotando las especies de flora y fauna. El área recorrida estaba determinada por la longitud de cada sendero. El sendero Perezoso midió 192 m, mientras que el otro midió 508 m con un ancho de observación de 3 m. Entre los principales resultados obtenidos están la fauna íctica, que en su mayoría coincide en ambas localidades, para un total de 33 especies.

Cortés et al. (2010) desarrollaron durante 9 años (1999-2008), un monitoreo del arrecife de coral, pastos marinos, y manglares en la costa caribeña de Costa Rica mediante el protocolo CARICOMP (Caribbean Coastal Marine Productivity). Encontrando bajas la cobertura de coral vivo, la diversidad y densidad de peces, densidades de erizos de mar, y la cobertura algal intermedia. Concluyen que los arrecifes coralinos y pastos marinos en el Parque Nacional Cahuita continúan siendo impactados por sedimentos terrígenos. Sugirieron tomar acciones de manejo para proteger y preservar estos importantes ecosistemas costeros.

1.2 Justificación

En nuestra costa caribeña el arrecife de Cahuita es el más desarrollado, pero ha sufrido daño debido a la sedimentación del río La Estrella (Cortés, 1981). Lo que ha afectado a este ecosistema, incluyendo las poblaciones de peces. A pesar de su importancia ecológica y económica, la información acerca de la comunidad íctica asociada al sistema coralino está desactualizada. Por lo que el trabajo de investigación, buscó obtener información para compararla con otras investigaciones, y de esta manera evaluar los cambios producidos por efectos antropogénicos o naturales.

Phillips y Pérez (1984) consideraron a Cahuita como un arrecife pobre en cuanto a especies ícticas. Los resultados obtenidos podrán apoyar estas investigaciones que se han realizado sobre el ¿por qué? Cahuita es calificado de esta manera. Además, servirá para conocer el estado actual de la ictiofauna del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita.

De este modo se beneficiará el área protegida porque tendrá información actualizada, y la comunidad de Cahuita, que depende de los turistas que visitan la zona. Sin duda alguna, los beneficiados serán los tours operadores, que podrán tener a su alcance la información de las especies que habitan la zona protegida.

Por tanto, conocer el estado actual de las poblaciones de peces ayudará a las personas involucradas directa o indirectamente con el arrecife, y servirá como base para futuros planes de manejo, protección, conservación, educación y seguimiento de este ambiente natural, así se podrá asegurar su continuidad y existencia a futuro.

1.3 El Problema

Los peces que constituyen uno de los principales atractivos de los arrecifes coralinos del Caribe, están siendo amenazados por acciones directas del ser humano como el desarrollo costero, la sedimentación, la contaminación por sustancias tóxicas y la sobrepesca. También por otras actividades antrópicas como las alteraciones ambientales ocasionadas por el cambio climático, que están provocando la degradación de los arrecifes y la ictiofauna asociada.

En países como México, Belice, Guatemala y Honduras que comparten el arrecife más largo del hemisferio occidental, mantienen un programa de monitoreo de las especies de peces que habitan en él. Mientras que en las áreas arrecifales del Caribe costarricense los estudios realizados sobre las comunidades ícticas han sido escasos.

Ante la carencia de información, se plantea lo siguiente:

¿Cuál es el estado de conservación de las poblaciones de peces arrecifales en el Parque Nacional Cahuita?

1.4 Objetivos

1.4.1 General:

-Evaluar la estructura de la comunidad de peces en la zona arrecifal del Parque Nacional Cahuita, como línea base para la definición de pautas de manejo dirigidas hacia la conservación de la ictiofauna.

1.4.2 Específicos:

-Determinar riqueza, abundancia, densidad y diversidad de la ictiofauna, a fin de conocerse el estado en que se encuentra.

-Estimar los parámetros fisicoquímicos y su relación con la abundancia de la comunidad de peces.

-Establecer el estado de conservación de los arrecifes coralinos empleando la comunidad íctica como indicadora de calidad.

- Proponer acciones de manejo para la conservación de las especies ícticas en los arrecifes coralinos del Parque Nacional Cahuita.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estructura de una comunidad

Una comunidad se define como el ensamblaje de diferentes poblaciones que ocurren juntas en un tiempo y espacio determinado (Gee y Giller, 1987). En ciertos ambientes, algunas especies llamadas claves, cumplen un papel importante en su estructura. Estas pueden regular el crecimiento de otros grupos que pueden convertirse en nocivos (desde un punto de vista ecológico, depredadores o ramoneadores) producto del desequilibrio al ecosistema; o simplemente presentan un rango amplio de adaptabilidad, que les permite desarrollarse en hábitats donde otras están limitadas por su ámbito de tolerancia (Krebs, 1985).

Los estudios de ecología de comunidades permiten mediante una aproximación cuantitativa generar información en distintos niveles, por ejemplo: la estructura y composición de un ecosistema. Los cuales son importantes para establecer lineamientos para la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos marino-costeros (Begon, Townsend y Harper, 2006; Ramírez, 2006).

2.2 Comunidad de peces de arrecife

La comunidad de peces arrecifales se caracteriza por ser un sistema biológico altamente diverso, con rangos de distribución a diferentes escalas e influenciados por numerosos procesos y factores tanto bióticos como abióticos. Las investigaciones han generado diferentes teorías para explicar su alta diversidad y organización ecológica. Los primeros los describen como sistemas biológicos estables o en equilibrio (Smith, 1975; Sale, 1980).

Algunas observaciones posteriores sugirieron que se presentan condiciones desequilibradas debido a la alta variación espacial y temporal, influenciada principalmente por procesos estocásticos como el reclutamiento larvario (Victor, 1983; Doherty y Fowler, 1994).

Ahora es aceptado que diferentes factores y procesos, tanto estocásticos como determinísticos gobiernan la estructura de la comunidad de peces en arrecifes coralinos. Algunos de estos procesos son importantes en las primeras etapas de vida, operando principalmente a amplias escalas espaciales, y otros, en los estadios posteriores, actuando principalmente a escala local (Caselle y Warner, 1996; Sale, 2002).

El interés por las comunidades de peces de arrecife coralinos se ha incrementado significativamente en las últimas décadas, en especial el estudio de aquellos aspectos que determinan la estructura, debido a la amenaza de la contaminación y sobreexplotación de este recurso. Este grupo contribuye con gran parte de la biomasa en este ecosistema, y juega un papel ecológico capital por su capacidad de depredación y ramoneo (Delgado y Stedman, 2004).

2.3 Índices de riqueza, abundancia, densidad y diversidad

En los peces de arrecife la distribución espacial es raramente uniforme, debido a diferentes variables, principalmente la estructura del fondo o hábitat bentónico (Núñez, Arias y Legendre, 2005) la exposición al oleaje (Fulton y Bellwood, 2005), y la tasa de reclutamiento (Sale, 2004). En los sistemas arrecifales, las especies encuentran un lugar para alimentarse, reproducirse y refugiarse; esto mismo influye en su distribución, abundancia, riqueza específica y diversidad (Álvarez, 2004).

La riqueza se determina por el número de especies presentes en un ecosistema, existen factores que influyen directamente en la riqueza, como el tiempo, porque la diversidad es un producto de la evolución y, en consecuencia, depende del tiempo durante el cual las comunidades se han desarrollado en forma ininterrumpida (Krebs, 1985). Todas las comunidades se diversifican con el paso del tiempo, así pueden adaptarse a los cambios, evolucionar o extinguirse.

La abundancia relativa se define como la representación proporcional de una especie en una comunidad o en la muestra de una comunidad (Smith y Smith, 2007). La abundancia de

diferentes especies de peces es una medida del número o la cantidad de ellos en un área dada. Los científicos generalmente recolectan datos tanto de cantidad como de tamaño. La abundancia relativa se puede representar en términos de biomasa (peso total por unidad de área).

La diversidad se considera como un número simple, que evalúa las especies en número de individuos, es una descripción cuantitativa de la comunidad, en un instante de tiempo. Se encontrará por medio de índices como Shannon y Margalef los cuales demuestran los cambios que experimenta la diversidad como consecuencia de alteraciones en el ecosistema (Margalef, 1991).

2.4 Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática. Los métodos biológicos aportan esta información, pero presentan evidencia de que el contaminante o los contaminantes sean responsables, por lo que se recomiendan la utilización de ambos tipos en la evaluación del recurso hídrico (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, y Alfayate, 2005).

La ventaja de los métodos físico-químicos se basa en que sus análisis suelen ser rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparación con los métodos biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de seres vivos en las aguas. Además, la elección de las especies debe ser cuidadosa ya que de esta depende la evaluación de la calidad del recurso, que generalmente se realiza para un uso determinado, a diferencia de los fisicoquímicos, que permiten una evaluación para diferentes tipos de uso (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007).

Castillo, Zárata y Sanvicente (2003), encontraron en sus investigaciones que la diversidad, equidad y abundancia se correlacionan significativamente con la temperatura. Las migraciones de peces causadas por los cambios estacionales en la salinidad, es un factor que genera las diferencias en sus poblaciones (Ramsundar, 2004).

2.5 Especies indicadoras de la calidad del ecosistema arrecifal

Las poblaciones ícticas juegan un papel importante en el funcionamiento del arrecife de coral y representan, probablemente el grupo conspicuo y diverso de los organismos que allí coexisten. Son los vertebrados más abundantes y algunas especies se les considera indicadoras de la salud arrecifal. Por ejemplo, la presencia y abundancia de herbívoros, como los peces cirujanos; representan un claro indicador de su salud (Valdivia et al., 2004). Las diferentes especies tienen roles funcionales en el ecosistema e incluso requerimientos específicos en cada hábitat, ajustándose así a las distintas zonificaciones.

Morales, Schmitter, y Herrera (2012) demostraron que los peces herbívoros pertenecientes a las familias Scaridae, Acanthuridae, Pomacanthidae, Pomacentridae, Chaetodontidae, cumplen un papel importante en evitar el crecimiento excesivo de las algas que actualmente afectan a los arrecifes. Además, en esta lista de especies indicadoras; se incluyen los omnívoros que se alimentan de algas, esponjas, tunicados, zoantarios y zooplancton, así como de tejido vivo de corales (Sale, 1991; Cole, Pratchett y Jones, 2008), tales como las familias Balistidae y Chaetodontidae.

Por último, están peces arrecifales carnívoros que pueden clasificarse como carnívoros primarios y depredadores. Los primarios son consumidores de poliquetos, moluscos y crustáceos, principalmente. Los depredadores se alimentan de otros peces y de grandes invertebrados móviles. A este grupo pertenecen las familias Haemulidae, Holocentridae, Labridae, Lutjanidae, Mullidae, Muraenidae y Serranidae. Son reguladores de las poblaciones ícticas, entre ellas de herbívoros, y por consiguiente evitan el sobrepastoreo arrecifal (Bellwood et al., 2004).

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción y ubicación del área de estudio

Considerando los recursos del mar como medio para garantizar el bienestar de las actuales y futuras generaciones, que el arrecife de coral que rodea la Punta Cahuita es el de mayor importancia en el país por su tamaño y número de especies de coral. Se establece el 7 de septiembre de 1970, el Monumento Nacional Cahuita, mediante Decreto Ejecutivo N°1236-A. Posteriormente este decreto fue reformado por el Decreto Ejecutivo N° 8489-A y se modificó su categoría a Parque Nacional el 27 de abril de 1978. Mediante el artículo 1° de la Ley N° 6794 de 25 de agosto de 1982, se ratifica como Ley de la República este Decreto (SINAC 2012). Cuenta con un área de 1.068 hectáreas en la parte terrestre, 600 hectáreas en el área de arrecife y 23.195 hectáreas en la parte marina.

El Parque Nacional Cahuita se encuentra en la región Caribe Sur de Costa Rica (Figura 1), en la provincia de Limón, cantón de Talamanca, distrito Cahuita, a 42 kilómetros al sureste de la ciudad de Puerto Limón. Es parte del Área de Conservación La Amistad – Caribe (ACLAC), la cual a su vez está adscrita al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) (SINAC, 2012).

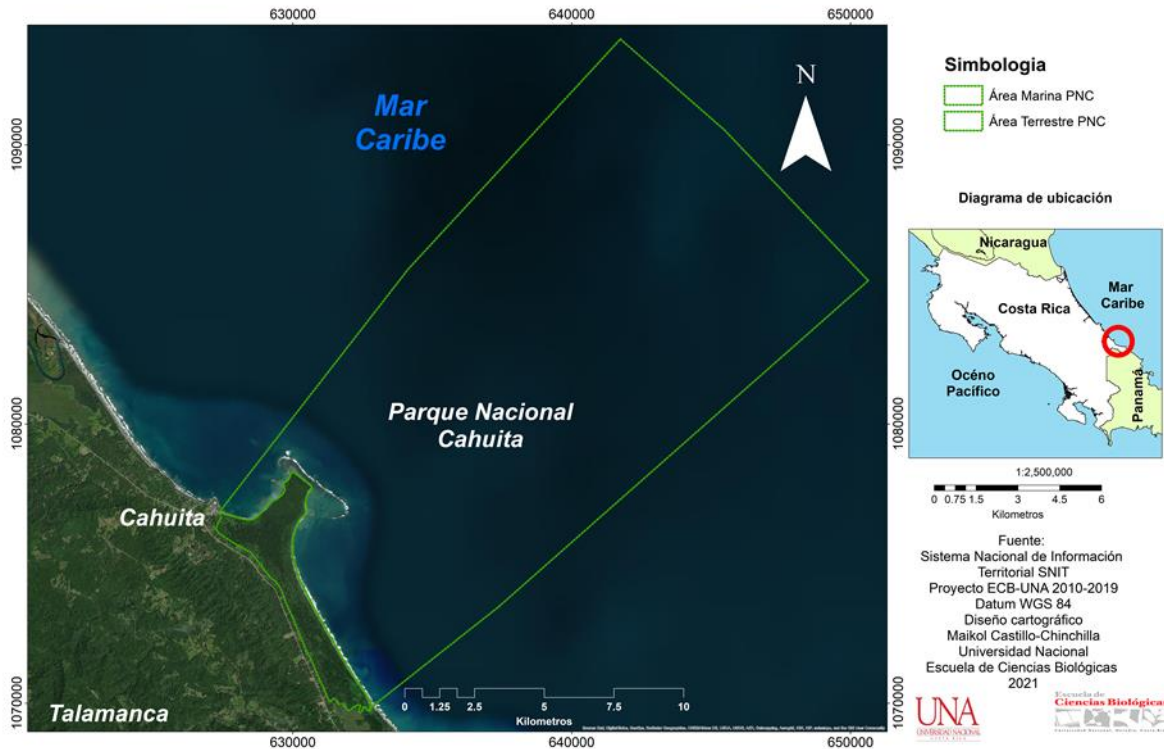


Figura 1. Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica

3.1.2 Características geomorfológicas

La costa Caribe de Costa Rica está formada, principalmente, por depósitos aluviales del Cuaternario. Presenta una forma rectilínea que sólo es afectada por tres grandes irregularidades de edad Miocena; la zona de Limón, Cahuita y la zona de Puerto Viejo-Punta Mona. Estas irregularidades indican condiciones paleoambientales y actuales propicias para la formación de arrecifes (Cortés y Guzmán 1985a, Cortés y Guzmán 1985b). En el mar, frente a la zona de Cahuita, existe una estructura anticlinal similar a la ubicada en Moín de Limón.

El clima de la zona es húmedo y caliente, lluvioso la mayor parte del año, sin época seca bien definida. La precipitación media anual es de 3500 mm y la temperatura media de 27 °C.

La topografía es plana, con elevaciones de 0-20 msnm y suelos pantanosos (Cifuentes y Masterson, 1991).

En relación con los principales ecosistemas de Cahuita, destaca primeramente el arrecife coralino presente alrededor de Punta Cahuita (de río Perezoso a Puerto Vargas). Este cuenta con una extensión de 600 ha, siendo el más desarrollado de la costa caribeña costarricense y de los más importantes del país (Fonseca, Salas y Cortés, 2006; Fonseca Nielsen y Cortés, 2007; Cortés et al. 2010). En total, se han identificado 34 especies de corales escleractinios zooxantelados, 19 especies de octocorales (Cortés y Guzmán, 1985b), 6 especies de corales zooxantelados y 3 especies de hidrocorales (Cortés 2009, citado por Cortés et al. 2010).

Además, se registran 128 especies de algas, 44 especies de crustáceos, 140 especies de moluscos y 123 especies de peces (Palacios, 2009). En el sector de la laguna coralina (ubicada entre la línea de costa y la cresta del arrecife), se forma un hábitat dominado por pastos marinos, con una extensión de 20 ha (Nielsen y Quesada, 2008). Coexistiendo con estas plantas marinas, en este mismo ecosistema se presentan también varias especies de coral y algas (Fonseca, Nielsen, y Cortés, 2007).

En cuanto a las corrientes dentro del arrecife, fluyen de noroeste a sureste y su velocidad depende en gran medida del viento. Estas son parte de las contracorrientes que se mueven de sur-sureste en la costa sur de Centroamérica, y son creadas por un flujo que penetra al mar Caribe (Collier, 1964; Kinder, 1983; Lizano, 2018). Es decir, un sistema que se conoce como Corriente del Caribe, y que más adelante llega a formar la Corriente del Golfo, la más intensa de nuestro planeta (Knauss, 1976).

3.1.3 Sitios de muestreo

Para seleccionar los sitios de muestreo se realizó una gira preliminar en noviembre de 2017, para el reconocimiento y geoposicionamiento de los puntos, empleando un GPS Garmin 60 CSX. Fueron situados en tres zonas arrecifales del área de estudio, Playa Blanca (PB), Punta Cahuita (PC) y Puerto Vargas (PV) donde por lo general, el acceso a los turistas es limitado, y se ubicaron a tres profundidades (1, 6 y 10 m), considerando que estuvieran colocados sobre parches de coral (Figura 2). En las zonas de Playa Blanca y Punta Cahuita solamente se encontraron dos profundidades, debido a la poca variabilidad topográfica del terreno.

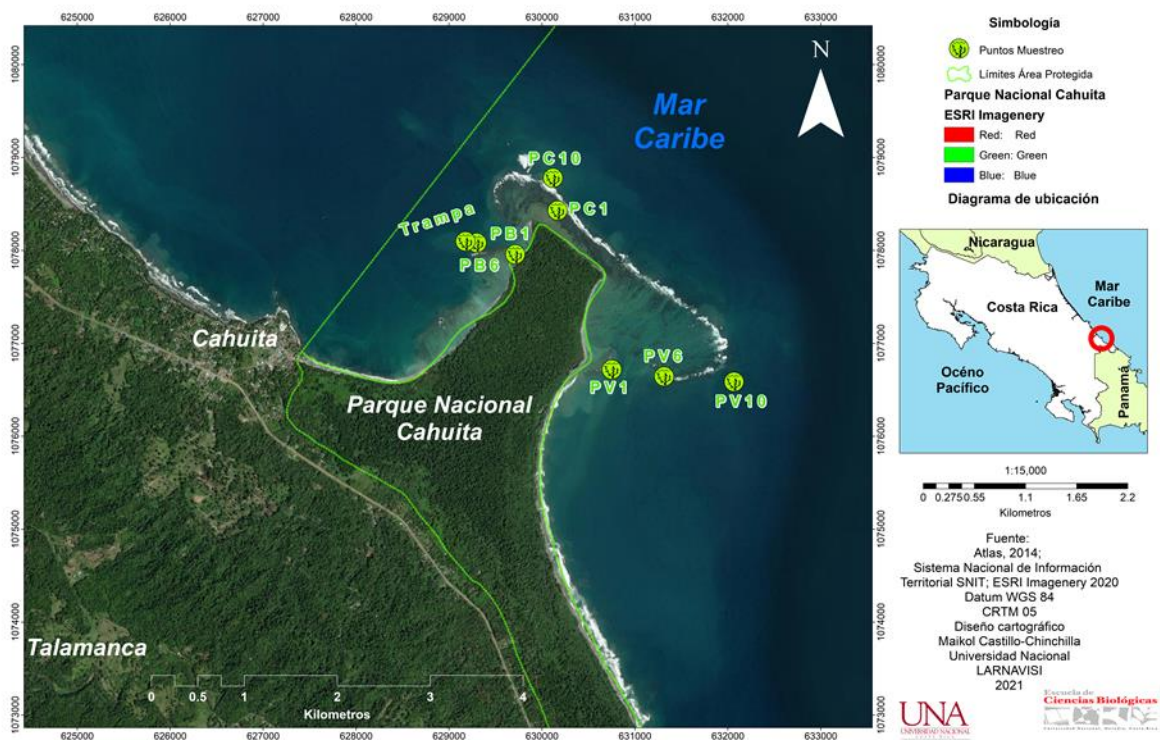


Figura 2. Área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo con sus profundidades, Playa Blanca (PB 1 m y PB 6 m), Punta Cahuita (PC 1 m y PC 10 m), y Puerto Vargas (PV 1m, PV 6m y PV 10 m).

3.2 Metodología

3.2.1 Técnicas de recolección de datos

Los muestreos se realizaron en los meses de abril, mayo, setiembre y octubre de 2018; mayo, setiembre y octubre de 2019, entre las 8 a.m. y las 4 p.m., cuando las condiciones hidrometeorológicas de Cahuita eran las más aceptables para llevar a cabo inmersiones. Esto con el fin de determinar la riqueza, abundancia, densidad y diversidad de la ictiofauna. En la medida de lo posible, las giras fueron programadas durante fechas próximas a la luna llena, ya que se ha observado una mayor presencia de peces en torno a esta fase lunar (Robertson, 1992).

En las profundidades seleccionadas (1, 6 y 10 m) en cada punto de muestreo, se aplicó el método AGRRA (Programa de Evaluación Rápida de Arrecifes del Atlántico y Golfo) (2012), que se ha utilizado en el Gran Caribe para las evaluaciones de peces en áreas arrecifales por censos visuales. Esta metodología se modificó reemplazando los censos visuales por video transectos utilizando cámaras submarinas (GoPro Hero), empleando una cuerda de nylon de 100 m de longitud, marcada cada 20 m por una plomada que se extendió sobre el sustrato marino y se utilizó como guía para el desarrollo de las evaluaciones *in situ*. Sobre esta cuerda se realizaron transectos de 100 m lineales por 2 m de ancho, y constó cada punto de tres repeticiones.

Para estos video transectos se requirió que al menos dos buzos participaran en el muestreo. En cada transecto un buzo se colocó en una de las bandas de 1 m de ancho. Y comenzaron a nadar en dirección opuesta sobre el transecto siempre manteniéndose al lado asignado de la cuerda (Fig.3). Además, ambos buzos llevaban una cámara submarina GoPro Hero protegidas en un estuche hermético. Para el momento del video se debió nadar a una velocidad, que permitió hacer la totalidad de la línea de transecto de 100 m en aproximadamente 25 minutos. Se incluyeron en el muestreo, todos los peces de arrecife

observados dentro del transecto, los individuos que se desplazaron de atrás hacia adelante no fueron evaluados.

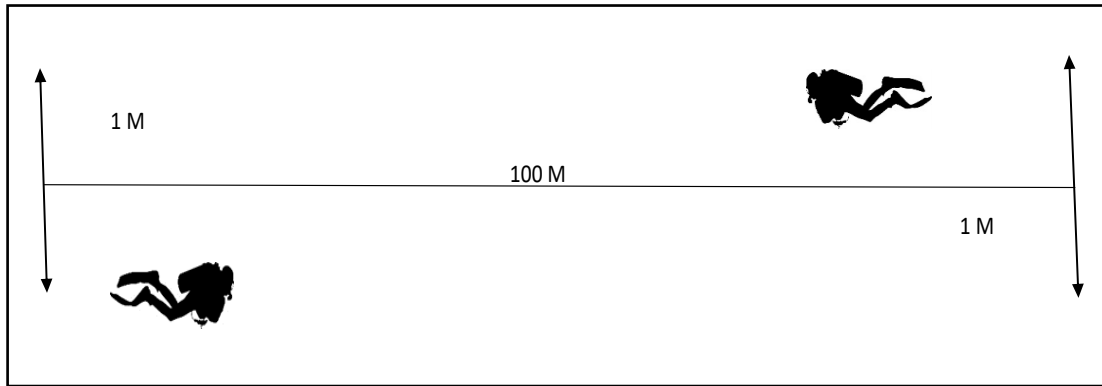


Figura 3. Esquema de la metodología de los video-transectos aplicada en este estudio en el Parque Nacional Cahuita

Fuente: Elaboración propia

Los videos obtenidos permitieron la identificación de las especies de peces *ex situ* y el conteo de estos, en el Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (Anexo 1). Para esto se utilizó una computadora de mesa con una pantalla de 22 pulgadas, y las guías de identificación de Humann y DeLoach (2014), Bussing y López (2010), Robertson, Peña, Posada y Claro (2019) y AGRRA (2012) entre otras.

Para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos en los sitios de muestreo, se empleó el multiparámetro Vernier LabQuest2 con el que se midieron: oxígeno disuelto, pH, temperatura y salinidad. Además, se evaluó la transparencia como un equivalente de la turbidez empleando el disco Secchi.

Se calculó la tasa de sedimentación usando la metodología propuesta por el Manual de Métodos del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Garzón, Reyes y Rodríguez 2002). Donde se establece la colocación de tres trampas de sedimento por sitio de muestreo a profundidades entre 9 y 12 m. Cada trampa está constituida por tubos de PVC de 5.5 cm., de diámetro y 30 cm de altura, tapados en su fondo y sujetos a una varilla roscada de

60 cm por cuerdas sintéticas. La varilla debe clavarse con un mazo en forma vertical y sujeta al sustrato para evitar que fuera removida (Figura 4).

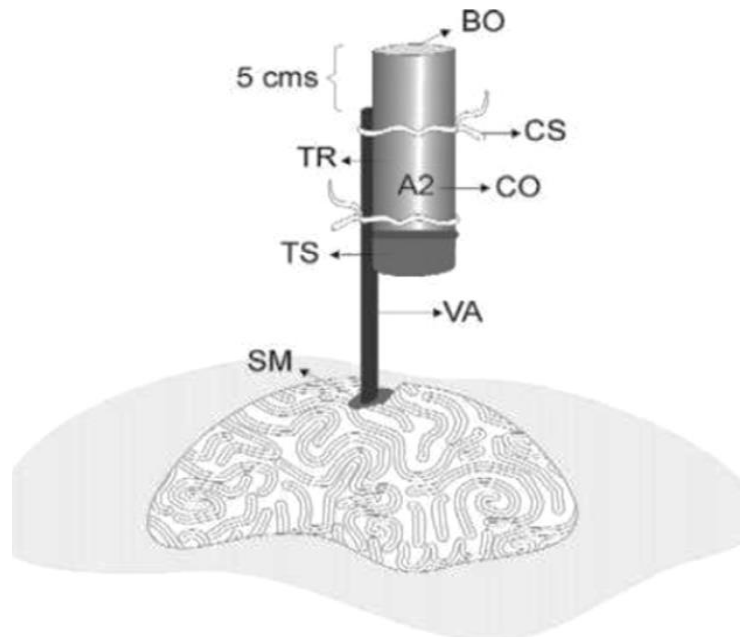


Figura 4. Trampa de sedimentos (TR), VA= varilla, TS= tapa sellada, BO= boca de la trampa, CO= código de identificación, CS= cuerda sintética, SM= sustrato muerto para clavar la varilla. Fuente: Garzón et al. (2002).

En este caso, se realizó la modificación de colocar seis trampas a una profundidad de 6 metros en el área de Playa Blanca, esto debido a las limitantes en el tiempo de recolecta y el espacio de almacenamiento. Se aseguró que las trampas fueran recolectadas en los dos periodos aptos para las inmersiones como son los meses de abril, mayo, setiembre y octubre. Luego, fueron transportadas en hieleras hacia el laboratorio donde se tamizaron con un colador de 1 mm de luz de malla. Posteriormente, los sedimentos se sometieron a dos sesiones de lavado por precipitación en agua dulce durante dos días para eliminar su contenido de sal.

Seguidamente, a las muestras se les retiró el agua con ayuda de una manguera de hule, para ser colocadas en beakers de 150 ml previamente pesados. Los sedimentos fueron secados dentro de los beaker en un horno a 90 °C durante cuatro días.

Finalmente, los beakers fueron pesados con el sedimento en una balanza semianalítica Setra BL-410S para establecer el peso seco en gramos de las muestras. La tasa de sedimentación se calculó a partir de la siguiente ecuación corregida de Garzón et al. (2002):

$$TSF = W \frac{g}{1000 \text{ mg}} \frac{1}{AB} \frac{1}{ND}$$

Donde,

TSF: tasa de sedimentación por fracción (mg/cm²/día)

W: peso (g)

AB: área de la boca de la trampa

ND: número de días que la trampa estuvo bajo el mar.

Es necesario recalcar que las tasas de sedimentación por fracción son calculadas considerando el número de días en los cuales estuvo la trampa sumergida. Esto permitirá compararlas entre sí a pesar de haber sido retiradas en períodos diferentes.

Para establecer el estado de conservación de los arrecifes coralinos empleando la comunidad íctica como bioindicadora de calidad, se realizó una revisión bibliográfica con las especies registradas, para la aplicación del protocolo AGRRA (2012) modificado. El cual contiene una lista de 86 especies de peces indicadoras propias del Gran Caribe pero que no todas están distribuidas en Costa Rica. La que incluye carnívoros (son comercialmente significativos para el consumo humano) y los herbívoros (en algunas áreas son de consumo humano), y los peces que se recolectan comercialmente para los acuarios marinos.

A partir de los datos de la literatura (Sierra, Claro y Popova, 2002), se obtuvo información de los hábitos alimentarios de las especies presentes, que permitió definir la presencia de especies claves, como las herbívoras, para determinar la salud del ecosistema arrecifal del Caribe Sur de Costa Rica. Con los videos obtenidos en los transectos de grupos de peces carnívoros, herbívoros y comerciales (de interés pesquero y acuariofilia) se hizo una estimación

de la densidad de la biomasa en gramos por metro cuadrado (g/m^2). Utilizando la metodología establecida por Marks y Klomp (2003) se tiene una relación directa entre el promedio de las longitudes y los coeficientes de relación peso-longitud establecidos por Claro (1994).

Debe señalarse que no se realizó una medición *in situ* del largo de cada pez, por lo que se tomó la etapa de desarrollo en que se encontraba. Con los valores descritos por Humann y DeLoach (2014), y Claro (1994), se tomaron las longitudes y los coeficientes específicos (a y b) para aquellas especies que estaba disponible. Y se aplicó la siguiente ecuación:

$$B = a \times L^b \text{ donde:}$$

B: biomasa

L: longitud (en cm)

a y b: Coeficientes de relación peso-longitud

Se realizó una modificación del Índice de Salud Arrecifal (HRI 2015) utilizando solamente como indicador los peces.

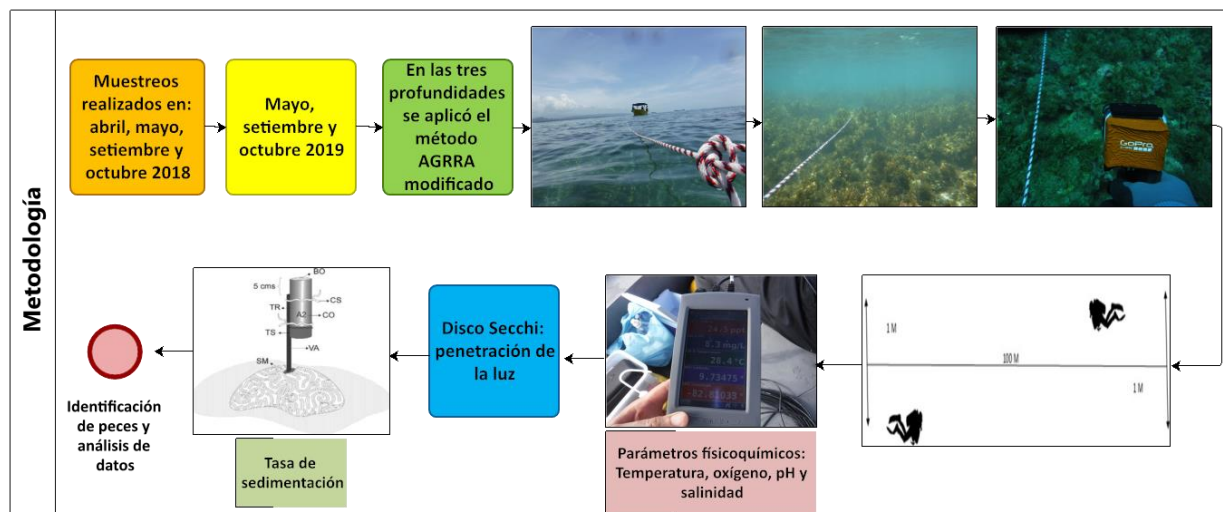


Figura 5. Resumen metodológico para el trabajo de campo en esta investigación.

Fuente: Elaboración propia

Para construir de forma comunitaria y participativa, las propuestas de acciones al manejo de la comunidad íctica en los arrecifes coralinos del Parque Nacional Cahuita, se realizó un taller con los actores claves. El objetivo fue que la comunidad se involucrara en la construcción de pautas de co-manejo para la conservación de peces.

Para la selección de los actores claves se efectuó una búsqueda por internet de las diferentes asociaciones de la comunidad (desarrollo, pescadores y guías de turismo); y vía telefónica, WhatsApp o correo electrónico se hizo la invitación al taller (Anexo 2), incluyendo los funcionarios del Parque Nacional de Cahuita. El taller se llevó a cabo en el salón comunal de Cahuita el 8 de octubre del 2020 a las 4 p. m. Entre los participantes se realizó una dinámica rompehielo.

Primeramente, se presentaron los resultados de la investigación. Segundo, se aplicó la técnica FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), que constituye la base para la formulación o elaboración de estrategias obtenidas con el aporte de ideas en relación con las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas; que existen sobre las comunidades de peces arrecifales (Ponce, 2007).

Tercero, se realizó el mapa participativo comunitario entre los asistentes, que es una herramienta de representación visual de información en un contexto geográfico determinado. Este se basa en la percepción de los actores sobre un tema de interés específico (MSP 2009). Los temas pueden ser de toda clase, desde el análisis de los recursos disponibles y sus usos según las condiciones geográficas y físicas, hasta los peligros y amenazas potenciales generados por estos usos (IFAD, 2009). Los mapas de la localidad se usan para ayudar a los miembros de una comunidad a presentar gráficamente cómo perciben su entorno socioambiental, que facilita visualizar la consideración de planes de manejo de los recursos y sus usos (Sletto, Bryan, Torrado, Hale, y Barry, 2013).

La información recabada en el taller se complementó con los resultados que la investigación arrojó, para proponer pautas que favorezcan la conservación de las comunidades de peces.

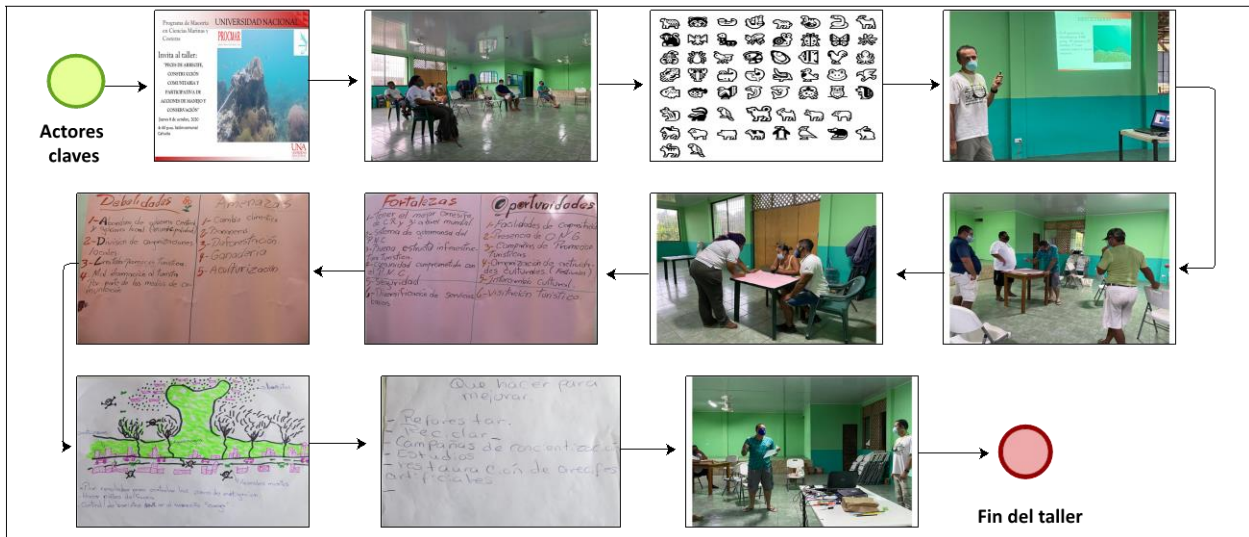


Figura 6. Resumen metodológico desarrollado en el taller comunitario, Cahuita 2020.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Técnicas de análisis de datos

Se estimó la diversidad de la comunidad con el índice de Shannon-Wiener (Martella et al. 2012) (H) y se evaluó el esfuerzo de muestreo mediante la curva de acumulación de especies (Mao Tau). La riqueza, abundancia, densidad, diversidad, equidad, similitud y disimilitud de la ictiofauna se calculó utilizando los índices ecológicos de:

Margalef "D_{Mg}" cuya ecuación es:

$$D_{Mg} = (S-1) / \ln N$$

- S: número de especies
- N: número total de individuos
- Ln: logaritmo neperiano de un número

El índice fluctúa entre 0 y teóricamente 10, sin embargo, valores excepcionalmente altos se encuentran en el rango entre 6 y 9. Valores inferiores a 2 son considerados como de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5.0; son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1998).

La riqueza específica (S), es donde se toma el número de especies presentes sin tener en cuenta su importancia en la comunidad.

Una distribución de abundancia relativa de especies utiliza toda la información acumulada en la comunidad y es la descripción matemática completa de los datos. Este es un índice basado en la abundancia proporcional de especies. Considera tanto la uniformidad como la riqueza de especies. En donde abundancia representa el número total de individuos por especie (Moreno, 2001).

La abundancia relativa (AR) se calculó por el cociente entre el número de organismos de cada especie por el total de individuos de todas las especies, que a su vez es multiplicado por cien, utilizando la siguiente expresión:

$$\%Ni = (Ni / NT) \times 100.$$

Donde % Ni, es el porcentaje de la abundancia relativa de la especie i

Ni es el número de individuos de la especie i

NT es el número total de individuos de todas las especies de peces.

Por medio de este índice, se evidencia la importancia numérica de cada especie y los cambios que presenta la comunidad íctica a través de los diferentes transectos (Chávez, 2009).

Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H), que representa la relación entre la abundancia relativa de los individuos y la riqueza específica mediante la fórmula:

$$H = - \sum (Pi * \text{Log}_{10} Pi),$$

Donde:

$P_i = n_i/N$ (abundancia relativa),

N = total de todas las especies,

n_i = abundancia para la especie i ,

$\text{Log}_{10}P_i$ = logaritmo base 10 de P_i .

La densidad (D) es el número de individuos (N) en un área determinada. Puede estimarse, a partir del conteo del número, a través de mediciones de distancias entre puntos. Cuando los datos de densidad se emplean para hacer comparaciones entre sitios, se obtienen varias estimaciones para calcular la desviación estándar de cada muestra (Morlans, 2004).

El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

Donde:

$$J' = \frac{H'}{H' \max}$$

$H' \max = \ln(S)$

Así mismo se utilizó el índice de similitud de Jaccard para comparar los sitios de muestreo.

Donde: $A_{jk} = \frac{a}{a+b+c}$

A_{jk} = afinidad entre las estaciones j y k .

a = número de especies comunes en j y k .

b = número de especies que están en j , pero no están en k .

c = número de especies que están en k, pero no están en j.

Este índice de similitud conocido como coeficiente de similitud, ampliamente utilizado en estudios ecológicos para comparar dos sitios de muestreo, utilizando la presencia y ausencia de las especies. Se utiliza para inferir condiciones abióticas, determinar la distribución espacial (uniforme, agregado, aleatorio) de las especies, contrastar cambios de la comunidad en el espacio o tiempo, entre otras aplicaciones. La desventaja es que no discrimina el tamaño y la abundancia de las especies, por lo que su análisis se limita a la presencia o ausencia de las especies (Ramírez, 2006). El índice de Jaccard arroja valores entre un rango de 0 para sitios que no comparten ningún elemento y 1 refleja que las comunidades son iguales (Cuadro 1)

Se aplicó el índice de disimilitud de Bray-Curtis a los sitios muestreados, cuya ecuación es:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^s |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^s [X_{ij} + X_{ik}]}$$

Para pasar a similitud o viceversa $A_{ij} = 1 - D_{ij}$

Donde D_{ij} = disimilaridad entre las estaciones i y j.

Y_{ij} = abundancia de la especie i en la estación j.

Y_{ik} = abundancia de la especie i en la estación k.

S = número total de especies entre los dos ecosistemas.

Índice de disimilaridad o similitud (afinidad) utilizados para comparar dos comunidades ecológicas. Este índice considera la abundancia de las especies por lo que aporta más información y conocimiento de las comunidades al incorporar las proporciones de cada especie en el análisis del índice (Ramírez, 2006). El índice de Bray-Curtis como afinidad arroja valores entre un rango de 0 para ecosistemas que no comparten ningún elemento y 1 refleja que los ecosistemas son iguales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de afinidad para los índices de similitud de Jaccard y Bray-Curtis

Índices de similitud Jaccard y Bray-Curtis	
Afinidad/Similitud	Comunidades
0 – 0,5	Diferentes
>0,5 – 0,65	Similitud dudosa
>0,65 – 0,8	Semejantes
>0,8 – 1	Iguals

(Fuente: Ramírez 2006).

Con el fin de determinar la eficiencia del muestreo se realizó la curva de acumulación de especies, la cual muestra gráficamente el aumento del número de individuos en las unidades de muestreos. Esta relación permite estimar la calidad del inventario teniendo en cuenta el esfuerzo de muestreo (Jiménez y Hortal, 2003).

Los estimadores utilizados para la construcción de la curva de acumulación de especies fueron el de Chao 1, Chao 2, Jacknife 1, Jacknife 2 y Bootstrap que se basan en la incidencia (presencia/ausencia) (Moreno 2001). Estos índices calculan el número total de especies que se esperaría encontrar en un área determinada, con base en los resultados de abundancia obtenidos. Cuando la gráfica es asíntota (J invertida), indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo, no se incrementarán las especies colectadas (Villarreal et al. 2006)

Por su parte, para observar la relación multivariada de los factores físicos y químicos con las especies encontradas en los 8 muestreos, se aplicó un análisis multivariado de datos, a partir de la técnica de reducción de dimensiones conocida como Análisis de Componentes Principales. La cual ha demostrado ser una herramienta útil para analizar conjuntos de variables que están interrelacionadas entre sí (Dallas, 2000).

Finalmente, para el análisis de los datos se utilizaron los programas Species Diversity and Richness 4, EstimateS versión 9.1, Past 3.22 y Microsoft Excel 2019.

4. RESULTADOS

4.1 Estructura de la comunidad de peces

4.1.1 Composición

Se realizaron ocho muestreos, contabilizando 4345 individuos que corresponden a 90 especies y que están distribuidos en 28 familias y 47 géneros (Cuadro 2). Las familias más numerosas fueron Labridae con 12 especies, Haemulidae y Pomacentridae con 10, Scaridae con 8, Labrisomidae con 7, y Lutjanidae y Gobiidae con 6 respectivamente.

Basado en la lista de peces indicadores de la salud del arrecife (AGRRA 2012) de los individuos identificados 41 corresponden a esas especies, de las cuales el 39 % son herbívoros y el 61% carnívoros.

Estos incluyen tres nuevos registros para el área arrecifal de Cahuita en la zona de Puerto Vargas: El registro de *Nomeus gronovii* se basa en la observación de un ejemplar, en el arrecife somero a 30 centímetros de profundidad. El *Labrisomus conditus* presentó dos individuos en profundidades de 6 y 10 m, mimetizados entre esponjas y coral. Y el *Syngnatus caribbaeus* un único registro adherido a un pólipo a una profundidad de 6 m.

Por otro lado, en el último muestreo fue registrado un individuo de *Pterois volitans* que es una exótica invasora. Este se encontraba solitario junto a una estructura coralina, a 6 metros de profundidad en Puerto Vargas. Otra especie observada una única vez fue el *Megalops atlanticus*, formando un grupo de cinco individuos en Puerto Vargas a un metro de profundidad. El *Glinglymostoma cirratum* con un único registro fue avistado en Punta Cahuita a un metro de profundidad.

En cuanto a las especies que fueron observadas en todos los muestreos tenemos el *Stegastes adustus*, *Stegastes diencaeus*, *Stegastes spp*, *Haemulon macrostomum* y *Thalassoma bifasciatum*. Mientras que especies abundantes como *Canthigaster rostrata* y *Halichoeres bivittatus* estuvieron ausentes en alguno de los muestreos (Anexo3).

Cuadro 2. Composición de la comunidad de peces de la zona arrecifal del Parque Nacional Cahuita entre 2018 y 2019

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Acanthuridae	<i>Acanthurus coeruleus</i>	Navajón azul
Acanthuridae	<i>Acanthurus chirurgus</i>	Cirujano rayado
Acanthuridae	<i>Acanthurus tractus</i>	Cirujano pardo
Carangidae	<i>Caranx bartholomaei</i>	Cojinuda amarilla
Carangidae	<i>Caranx ruber</i>	Cojinuda carbonera
Chaetodontidae	<i>Chaetodon ocellatus</i>	Mariposa de aleta manchada
Chaetodontidae	<i>Chaetodon striatus</i>	Pez mariposa bandeado
Chaetodontidae	<i>Chaetodon capistratus</i>	Mariposa ocelada
Cirrhitidae	<i>Amblycirrhitus pinos</i>	Halcón rayadito
Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	Tiburón nodriza
Gerreidae	<i>Gerres cinereus</i>	Mojarra trompetera
Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i>	Gobio mapo
Gobiidae	<i>Coryphopterus personatus</i>	Gobio enmascarado
Gobiidae	<i>Coryphopterus spp</i>	Gobio
Gobiidae	<i>Elacatinus spp</i>	Gobio
Gobiidae	<i>Gnatholepis thompsoni</i>	Gobi punto dorado
Gobiidae	<i>Gnatholepis spp</i>	Gobi
Haemulidae	<i>Anisotremus surinamensis</i>	Burro pompón
Haemulidae	<i>Anisotremus virginicus</i>	Burro catalina
Haemulidae	<i>Anisotremus moricandi</i>	Burrito rayado
Haemulidae	<i>Haemulon aurolineatum</i>	Ronco jeniguano

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Haemulidae	<i>Haemulon carbonarium</i>	Ronco carbonero
Haemulidae	<i>Haemulon flavolineatum</i>	Ronco amarillo
Haemulidae	<i>Haemulon macrostomum</i>	Ronco caco
Haemulidae	<i>Haemulon plumierii</i>	Ronco arará
Haemulidae	<i>Haemulon sciurus</i>	Ronco catire
Haemulidae	<i>Haemulon spp</i>	Ronco
Hemiramphidae	<i>Hemiramphus balao</i>	Agujeta balao
Holocentridae	<i>Holocentrus adscensionis</i>	Candil de vidrio
Holocentridae	<i>Holocentrus rufus</i>	Candil soldado
Holocentridae	<i>Myripristis jacobus</i>	Candil barreado
Kyphosidae	<i>Kyphosus sectatrix</i>	Chopa blanca
Labridae	<i>Bodiamus rufus</i>	Vieja colorada
Labridae	<i>Halichoeres caudalis</i>	Doncella pintada
Labridae	<i>Halichoeres garnoti</i>	Doncella de cabeza amarilla
Labridae	<i>Halichoeres maculipinna</i>	Doncella payaso
Labridae	<i>Halichoeres pictus</i>	Doncella arcoíris
Labridae	<i>Halichoeres poeyi</i>	Doncella ojinegra
Labridae	<i>Halichoeres radiatus</i>	Doncella azulada
Labridae	<i>Halichoeres spp</i>	Doncella
Labridae	<i>Halichoeres bivittatus</i>	Doncella rayada
Labridae	<i>Lachnolaimus maximus</i>	Pez perro
Labridae	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	Azuleja
Labridae	<i>Xyrichtys splendens</i>	Doncella de lunar

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Labrisomidae	<i>Gobioclinus guppyi</i>	Trambollo mimico
Labrisomidae	<i>Labrisomus conditus</i>	Trambollo enmascarado
Labrisomidae	<i>Labrisomus nuchipinnis</i>	Trambollo peludo
Labrisomidae	<i>Labrisomus spp</i>	Trambollo
Labrisomidae	<i>Malaccoctenus delalandii</i>	Trambollo delaland
Labrisomidae	<i>Malaccoctenus spp</i>	Sapito
Labrisomidae	<i>Malaccoctenus triangulatus</i>	Sapito de montura
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i>	Pargo cebal
Lutjanidae	<i>Lutjanus apodus</i>	Pargo amarillo
Lutjanidae	<i>Lutjanus jocu</i>	Pargo jocu
Lutjanidae	<i>Lutjanus mahogoni</i>	Pargo ojón
Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i>	Pargo biajaiba
Lutjanidae	<i>Ocyrus chrysurus</i>	Rabirrubia
Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i>	Sábalo
Mullidae	<i>Mulloidichthys martinicus</i>	Salmonete amarillo
Myliobatidae	<i>Aetobatus narinari</i>	Raya águila
Nomeidae	<i>Nomeus gronovii</i>	Pez medusa
Pempheridae	<i>Pempheris schomburgkii</i>	Panzón
Pomacanthidae	<i>Holacanthus ciliaris</i>	Angel reina
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i>	Sargento mayor
Pomacentridae	<i>Chromis multilineata</i>	Cromis prieto
Pomacentridae	<i>Microphastodon chrysurus</i>	Damisela de cola amarilla
Pomacentridae	<i>Stegastes adustus</i>	Jaqueta prieta

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Pomacentridae	<i>Stegastes diencaeus</i>	Damisela aleta larga
Pomacentridae	<i>Stegastes leucostictus</i>	Damisela bicolor
Pomacentridae	<i>Stegastes partitus</i>	Jaqueta bicolor
Pomacentridae	<i>Stegastes planifrons</i>	Damisela tres manchas
Pomacentridae	<i>Stegastes spp</i>	Damisela
Pomacentridae	<i>Stegastes variabilis</i>	Jaqueta castaña
Serranidae	<i>Cephalopholis cruentata</i>	Cherna enjambre
Serranidae	<i>Cephalopholis fulva</i>	Cabrilla roja
Serranidae	<i>Epinephelus spp</i>	Cabrilla
Serranidae	<i>Serranus flaviventris</i>	Serrano doble punto
Syngnathidae	<i>Syngnatus caribbaeus</i>	Pez pipa caribeño
Scaridae	<i>Nicholsina usta</i>	Loro esmeralda
Scaridae	<i>Scarus iseri</i>	Loro rayado
Scaridae	<i>Scarus taeniopterus</i>	Loro princesa
Scaridae	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	Loro manchado
Scaridae	<i>Sparisoma chrysopterus</i>	Loro colirrojo
Scaridae	<i>Sparisoma rubripinne</i>	Loro basto
Scaridae	<i>Scarus spp</i>	Loro
Scaridae	<i>Sparisoma viride</i>	Loro viejo
Sciaenidae	<i>Odontoscion dentex</i>	Corvina
Scorpaenidae	<i>Pterois volitans</i>	Pez león
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>	Picuda barracuda
Tetraodontidae	<i>Canthigaster rostrata</i>	Tamboril

En relación al porcentaje de especies totales por familia estuvo dominado por Labridae con 13.33 %, luego Haemulidae y Pomacentridae con 11.11%, Scaridae con 8.89%, Labrisomidae con 7.78%, Lutjanidae y Gobiidae con 6.67%, Serranidae con 4.44%, Holocentridae, Acanthuridae y Chaetodontidae con 3.33%, Carangidae con 2.22% y para finalizar Cirrhitidae, Gerreidae, Ginglymostomatidae, Hemiramphidae, Kyphosidae, Megalopidae, Mullidae, Myliobatidae, Nomeidae, Pempheridae, Pomacanthidae, Sciaenidae, Scorpaenidae, Sphyraenidae, Syngnathidae, Tetraodontidae con 1.11% (Figura 7).

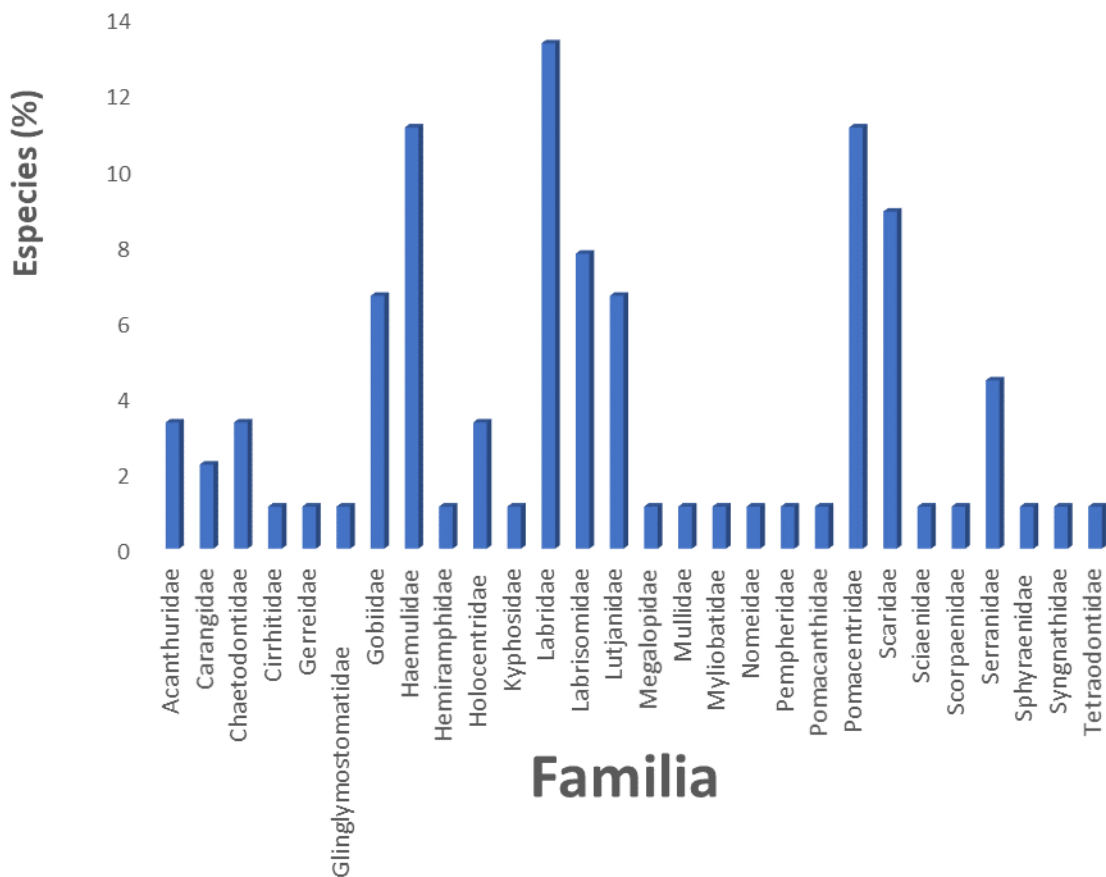


Figura 7. Composición de la ictiofauna por familia (porcentaje de especies totales) del Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los sitios de muestreo a diferente profundidad, el que presentó mayores valores de diversidad es Puerto Vargas a 6 m, igual sucede con la riqueza a esa misma profundidad. El de menor valor de diversidad y riqueza ha sido Playa Blanca a 1 metro. Mientras que Puerto Vargas a 1 m muestra el valor superior en equidad de las especies presentes en el arrecife (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índices ecológicos para cada sitio de muestreo por profundidad

SITIO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD METROS	ÍNDICE DE SHANNON H'	MARGALEF R	PIELOU J'
Playa Blanca	1	2.25	3.54	0.72
Playa Blanca	6	2.32	5.02	0.64
Punta Cahuita	1	2.34	4.00	0.72
Punta Cahuita	10	2.25	5.27	0.64
Puerto Vargas	1	2.51	5.09	0.74
Puerto Vargas	6	2.74	6.86	0.71
Puerto Vargas	10	2.19	4.83	0.64

Fuente: Elaboración propia

Al comparar cada muestreo durante los años 2018-2019 (Cuadro 4), el índice de Shannon Wiener muestra valores superiores de diversidad en el primer muestreo de abril 2018 y setiembre 2019 (2.74-2.73). Le siguen octubre 2018 y mayo 2019 también con valores cercanos (2.57-2.42). Y el segundo muestreo de abril 2018 y setiembre 2018 se distinguieron por mostrar los valores más bajos de diversidad.

Cuadro 4. Índice de Shannon total de especies de peces por muestreo, Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019

MUESTREO	INDICE DE SHANNON H'
1. Abril 2018	2.74
2. Abril 2018	2.09
3. Mayo 2018	2.30
4. Setiembre 2018	2.00
5. Octubre 2018	2.57
6. Mayo 2019	2.42
7. Setiembre 2019	2.73
8. Octubre 2019	2.37
TOTAL	2.74

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la densidad promedio de la ictiofauna en los siete sitios arrecifales (Playa Blanca 1 m, Playa Blanca 6 m, Punta Cahuita 1 m, Punta Cahuita 10 m, Puerto Vargas 1 m, Puerto Vargas 6m y Puerto Vargas 10 m), Playa Blanca a 6 m presentó la mayor densidad 13.26 ind/100 m², pero una menor cantidad de especies 41, en comparación con las 50 registradas en Puerto Vargas a esa misma profundidad y cuya densidad fue de 7.16 ind/100 m². Le siguen Punta Cahuita a 1 m con una densidad de 5.22 ind/100 m² con 30 especies, luego Playa Blanca a 1 m con 5.09 ind/100 m² y finalmente a esa misma profundidad fue menor Puerto Vargas con 3.15 ind/100 m². Y Puerto Vargas a 10 m posee 5.10 ind/100 m², en comparación a los 4.43 ind/100 m² de Punta Cahuita a 10 m (Cuadro 5).

Cuadro 5 Comparación de la densidad promedio de la ictiofauna en los siete sitios muestreados durante esta investigación, Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Sitios arrecifales y profundidad	Número de Individuos Observados	Densidad de peces/100 m ²	Número de especies por sitio
Playa Blanca 1 m	509	5.09	27
Playa Blanca 6 m	1326	13.26	41
Punta Cahuita 1 m	522	5.22	30
Punta Cahuita 10 m	443	4.43	37
Puerto Vargas 1 m	315	3.15	34
Puerto Vargas 6 m	716	7.16	50
Puerto Vargas 10 m	510	5.10	35

Fuente: Elaboración propia

Las figuras 8 y 9, muestran los valores de similitud de Jaccard y Bray-Curtis entre las comunidades de peces de los siete puntos muestreados (PB1), (PB6), (PC1), (PC10), (PV1), (PV6) y (PV10)) del arrecife de Cahuita a diferente profundidad.

El índice de similitud de Jaccard para los sitios (PC1-PV1) y (PB1-PV1) mostró valores iguales de 45% de afinidad entre las comunidades (Figura 8. A, B). Mientras que (PB1-PC1) tienen una afinidad más baja que las dos anteriores 42% (Figura 8. C). Finalmente, la Figura 8 D forma un núcleo completo, significa que toda la comunidad se comporta como una misma.

El índice de similitud de Bray-Curtis describe que las comunidades de peces de Punta Cahuita 1 m y Puerto Vargas 1 m (PC1-PV1) muestran una similitud de 57% (Figura 9.A). Así mismo, los sitios de Playa Blanca 1 m y Puerto Vargas 1 m (PB1- PV1) tienen una afinidad de 62 % (Figura 9. B). Pero al comparar los lugares Playa Blanca 1 m y Punta Cahuita 1 m (PB1- PC1) son comunidades semejantes por alcanzar 73% de semejanza (Figura 9 C). Y de los tres sitios juntos, Punta Cahuita 1 m y Playa Blanca 1 m (PC1-PB1) forman un núcleo de semejanza.

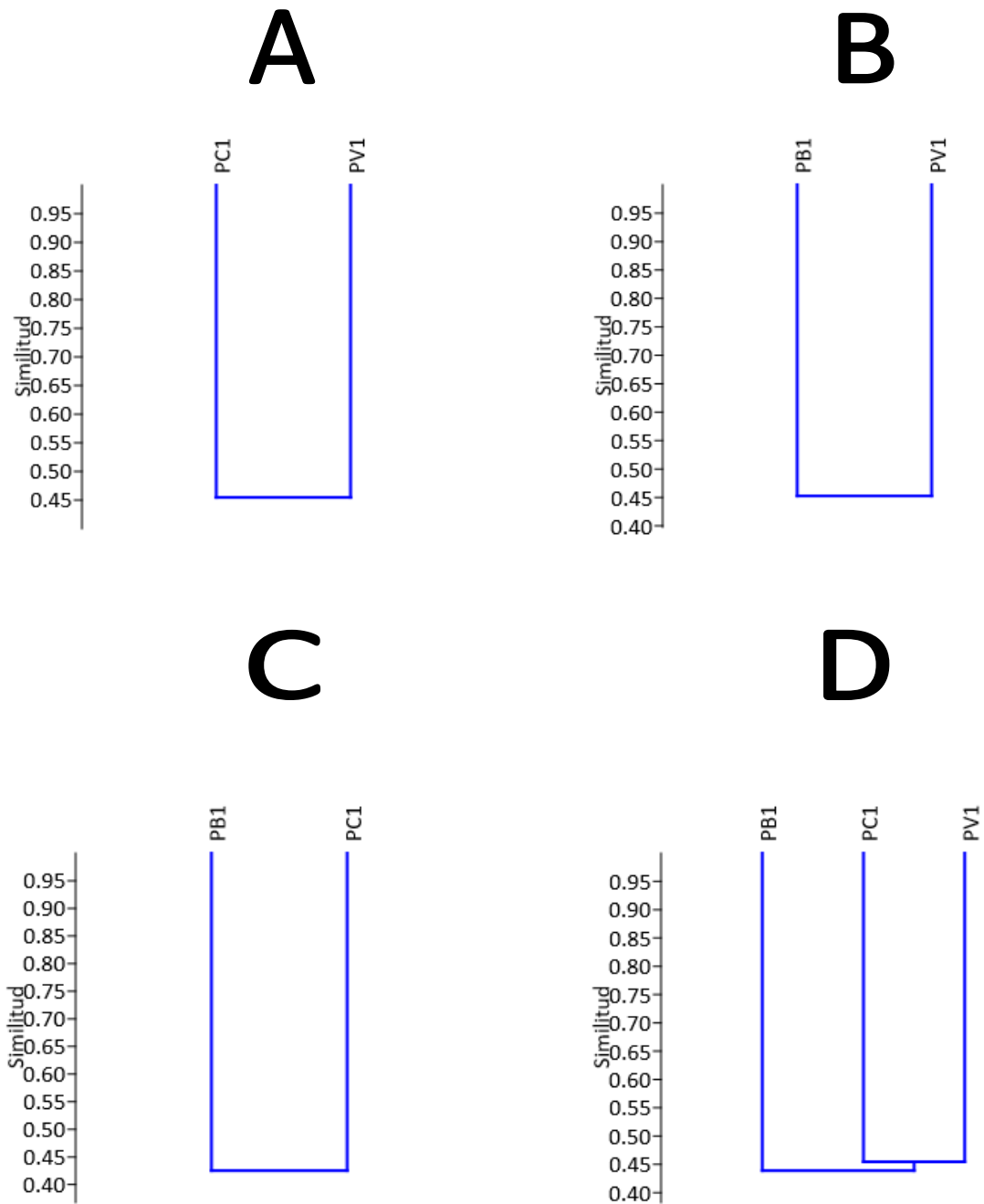


Figura 8. Dendrograma de similitud de Jaccard para comparar (A) Punta Cahuita 1 m - Puerto Vargas 1 m (PC1-PV1); (B) Playa Blanca 1 m - Puerto Vargas 1 m (PB1-PV1); (C) Playa Blanca 1 m – Punta Cahuita 1 m (PB1-PC1); (D) para las tres zonas juntas Playa Blanca 1 m – Punta Cahuita 1 m – Puerto Vargas 1 m (PB1-PC1-PV1), en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

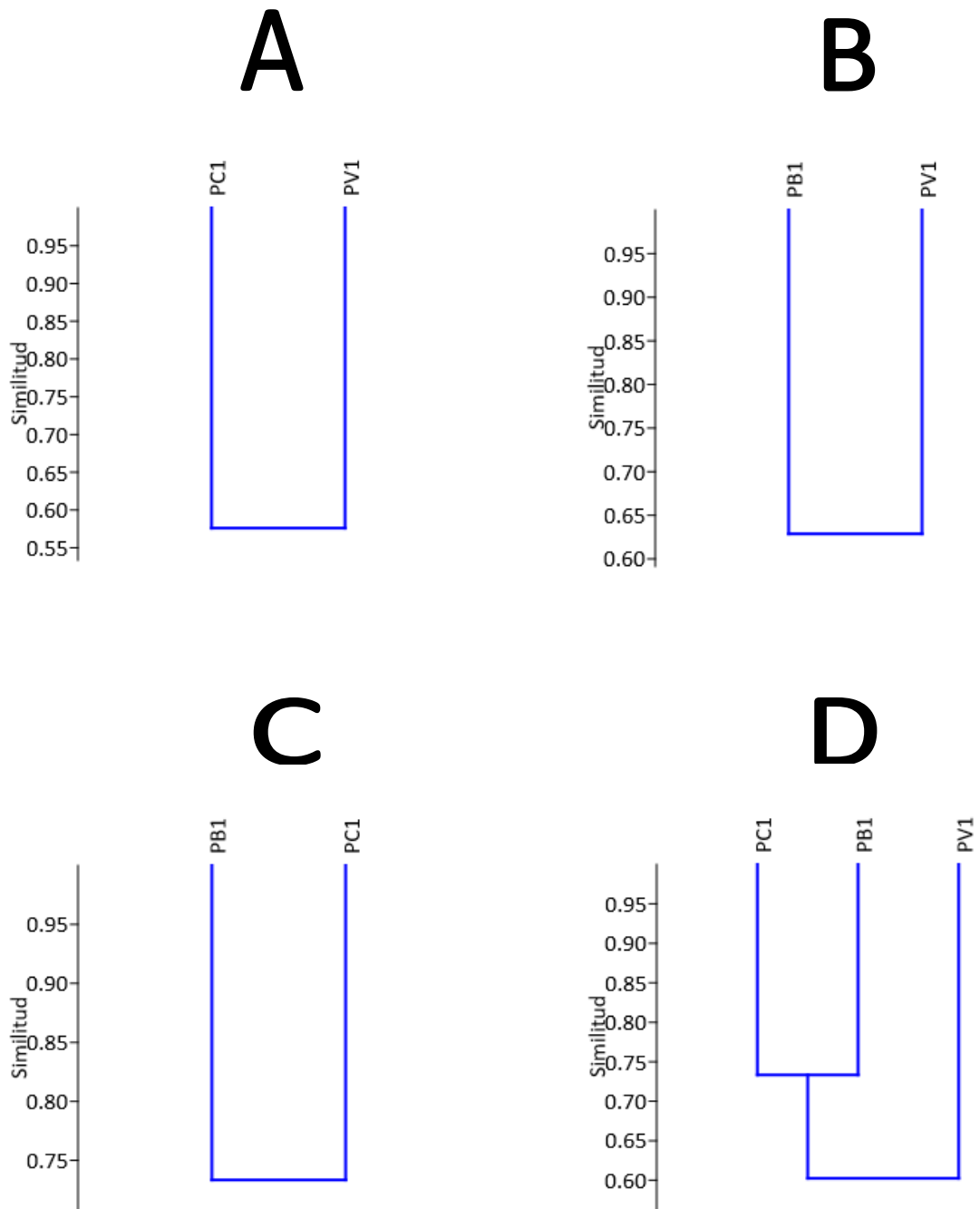


Figura 9. Comparación de los dendrogramas de similitud de Bray Curtis para los sitios (A) Punta Cahuita 1 m - Puerto Vargas 1 m (PC1-PV1); (B) Playa Blanca 1 m – Puerto Vargas 1 m (PB1-PV1) ;(C) Playa Blanca 1 m – Punta Cahuita 1 m (PB1-PC1); y los tres sitios juntos (D), en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 A, los sitios Playa Blanca 6 m y Puerto Vargas 6 m (PB6 - PV6) demuestran ser comunidades diferentes al alcanzar un índice de Jaccard de 43 %, de igual forma el índice de similitud de Bray-Curtis las describe como comunidades diferentes 52 % (Figura 10 B).

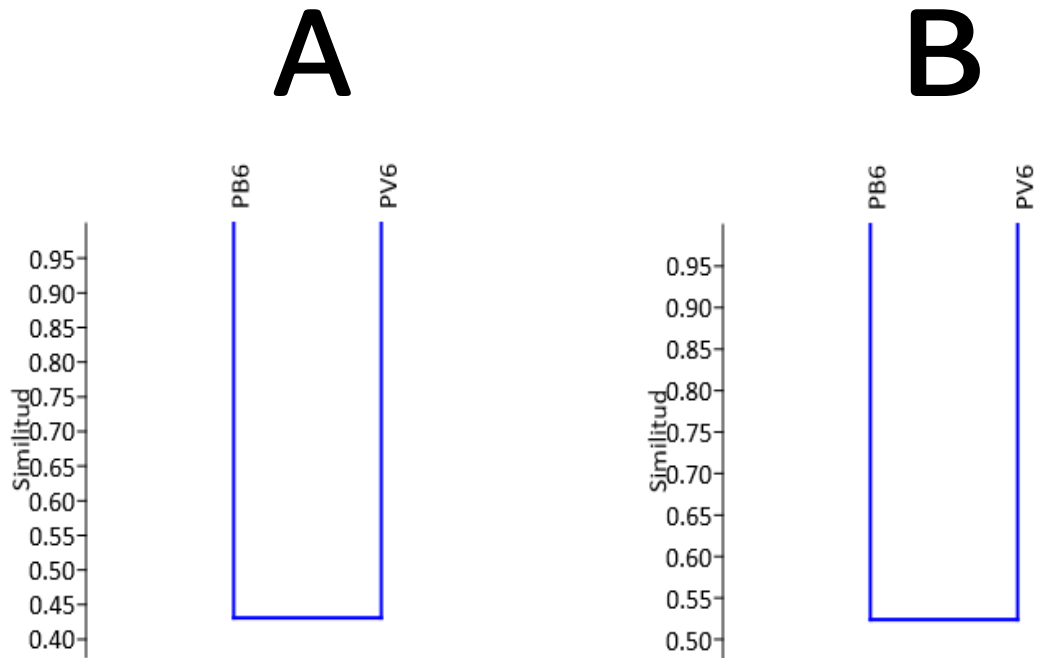


Figura 10. Dendrogramas de similitud de Jaccard para los sitios Playa Blanca 6 m y Puerto Vargas 6 m (PB6-PV6) (A), y similitud de Bray Curtis (B) para los mismos lugares (PB6-PV6) en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

Los sitios Punta Cahuita y Puerto Vargas a 10 m (PC10-PV10) se distinguieron por presentar una similitud de Jaccard de 50% (Figura 11 A). Contrariamente cuando se aplicó el

índice de Bray-Curtis cuyos valores alcanzaron el 66% lo que indica que son comunidades de peces semejantes (Figura 11 B).

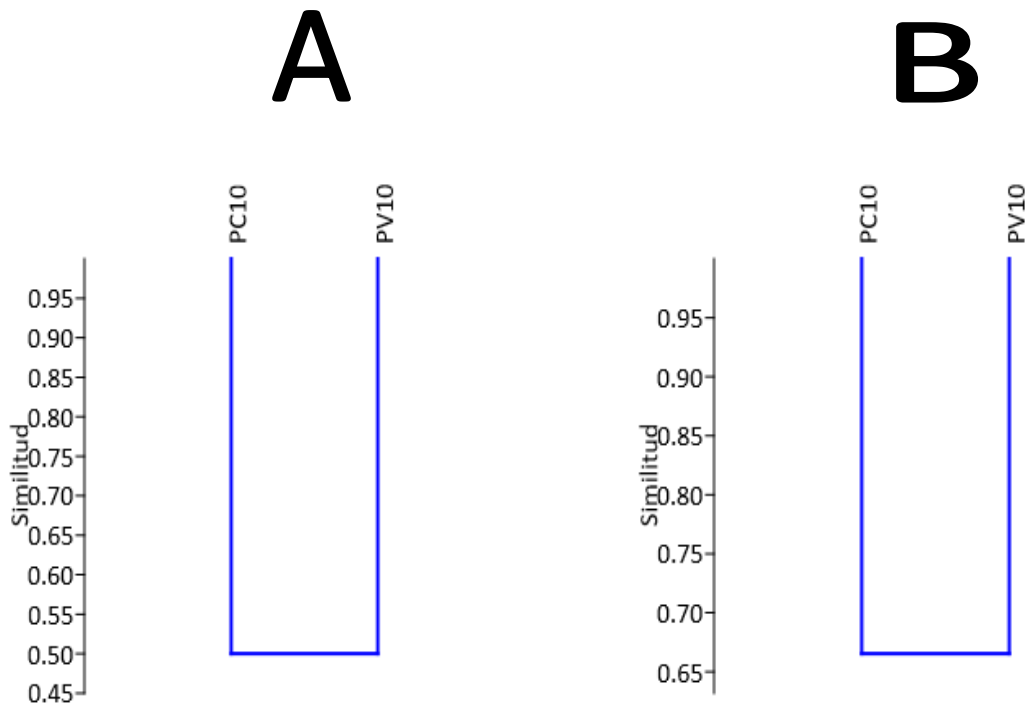


Figura 11. Dendrogramas de similitud para los sitios Punta Cahuita y Puerto Vargas a 10 m (PC10-PV10) de (A) Jaccard y (B) Bray-Curtis en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la eficiencia de los muestreos se realizó la curva de acumulación de especies, la misma no alcanzó la asíntota o el total estimado que eran 120 especímenes. Esto quiere decir que las 90 especies registradas equivalen a un porcentaje de representatividad del 79 %. Por lo tanto, para alcanzar el 100% según el análisis se requieren realizar al menos 10 muestreos más (Figura 12). Pero permitió reportar 39 especies más de lo que se tenía reportada antes de este estudio.

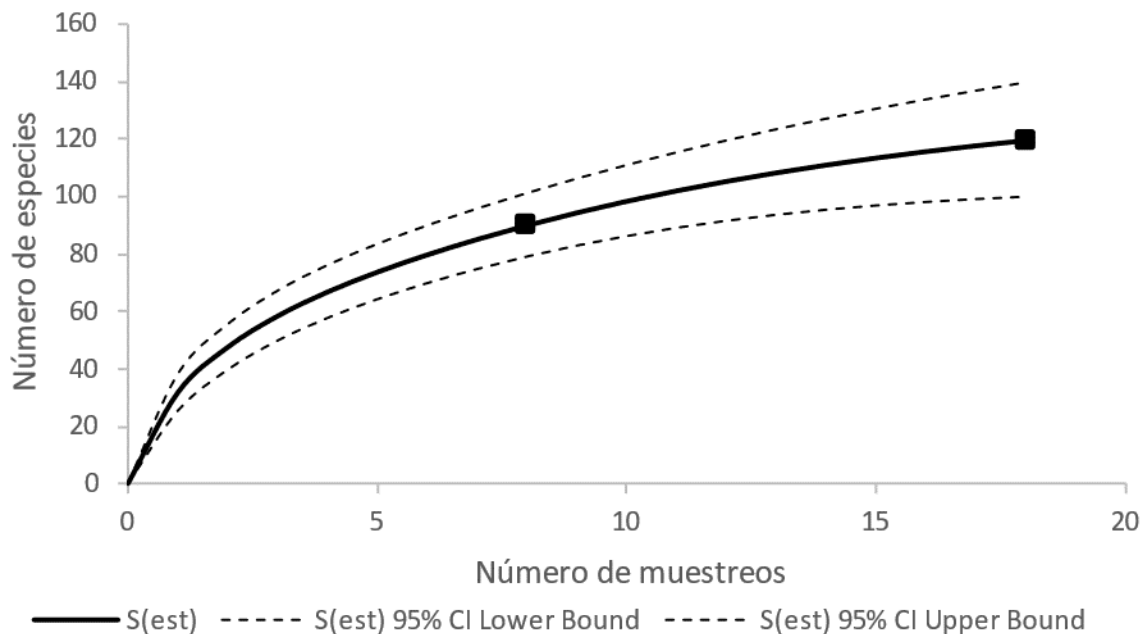


Figura 12. Curva de acumulación de especies de peces del arrecife a partir del total de transectos realizados en esta investigación en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre el 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

Con relación a los grupos tróficos las especies identificadas en el arrecife se distribuyeron en: herbívoros, carnívoros, omnívoro-detritívoro, omnívoro-coralívoro, planctófago y omnívoro (Figura 13). El grupo trófico mejor representado fue los carnívoros, al que le siguieron los herbívoros y omnívoro-detritívoro. Y los grupos menos representados fueron omnívoro-coralívoro, planctófago y omnívoro.

Al comparar cada sitio por profundidad tenemos Playa Blanca, Punta Cahuita y Puerto Vargas que a un metro presentan pocas diferencias en cuanto a grupos tróficos (Figura 14). Playa Blanca (A) tiene a los omnívoros-detritívoros como una única diferencia, en comparación a los otros dos sitios, pero el porcentaje de carnívoros y herbívoros son iguales en ese lugar. Sin embargo, en Punta Cahuita esos mismos grupos, los carnívoros son 3 % más que los herbívoros

(B). Finalmente, en Puerto Vargas la estructura trófica tiene una distribución inversa, los carnívoros son superados por los herbívoros en un 7% (C).

Luego, Playa Blanca y Puerto Vargas a 6 metros de profundidad (Figura 15) presentan la única diferencia en el grupo de los planctófagos (D). Los demás grupos están representados similarmente en cuanto a porcentajes, siendo los carnívoros los que superan a los herbívoros (E).

Finalmente, Punta Cahuita (F) a 10 m y Puerto Vargas (G) a 10 m de profundidad presentan una única diferencia en el grupo de los omnívoros detritívoros. Los demás grupos tróficos presentan similitudes en cuanto a sus porcentajes, siendo los carnívoros el grupo dominante en esos sitios (Figura 16).

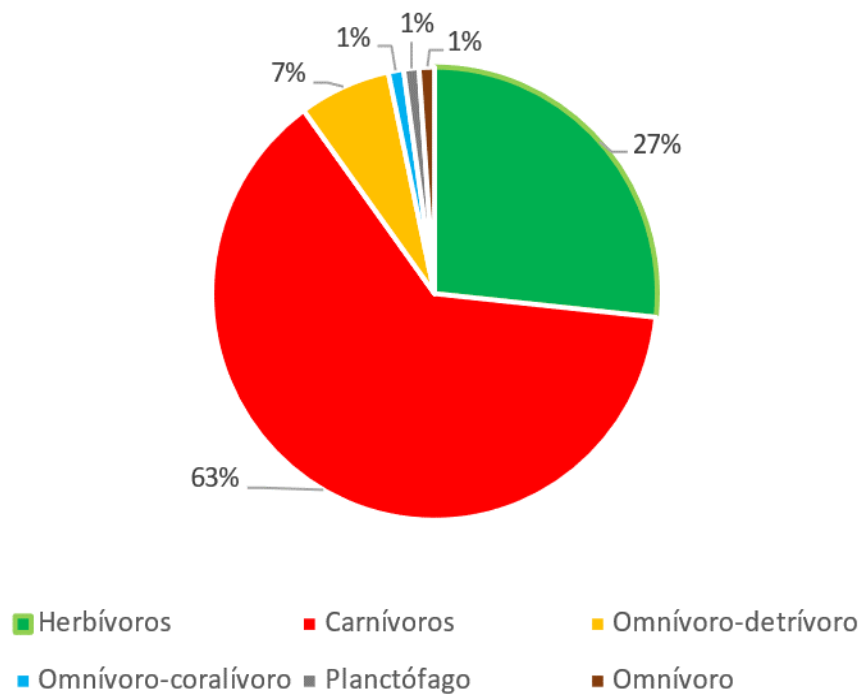


Figura 13. Especies de peces total identificados y distribuidas en sus grupos tróficos en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

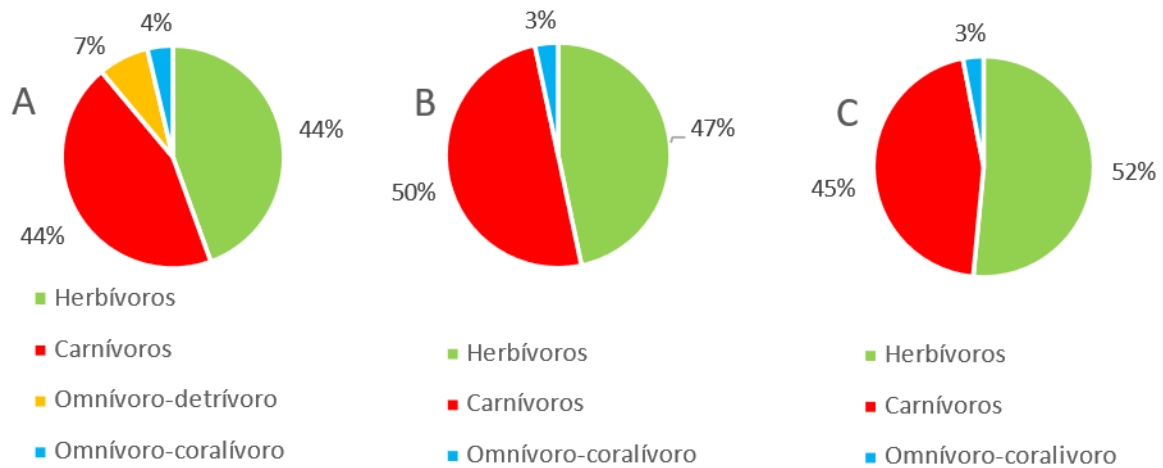


Figura 14. Grupos tróficos representados en las comunidades de peces, a 1 m de profundidad del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, 2018-2019. A) Playa Blanca, B) Punta Cahuita y C) Puerto Vargas.

Fuente: Elaboración propia

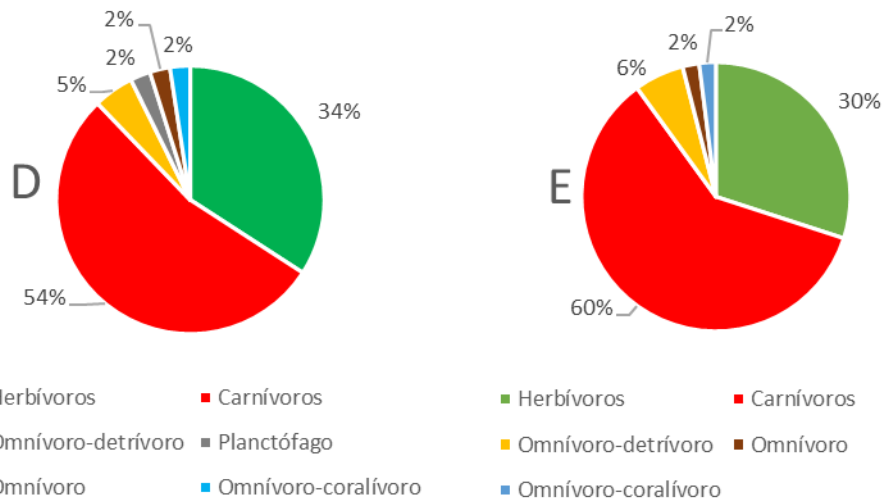


Figura 15. Grupos tróficos representados en las comunidades de peces, a 6 m de profundidad del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, 2018-2019. D) Playa Blanca 6 m y E) Puerto Vargas 6 m.

Fuente: Elaboración propia

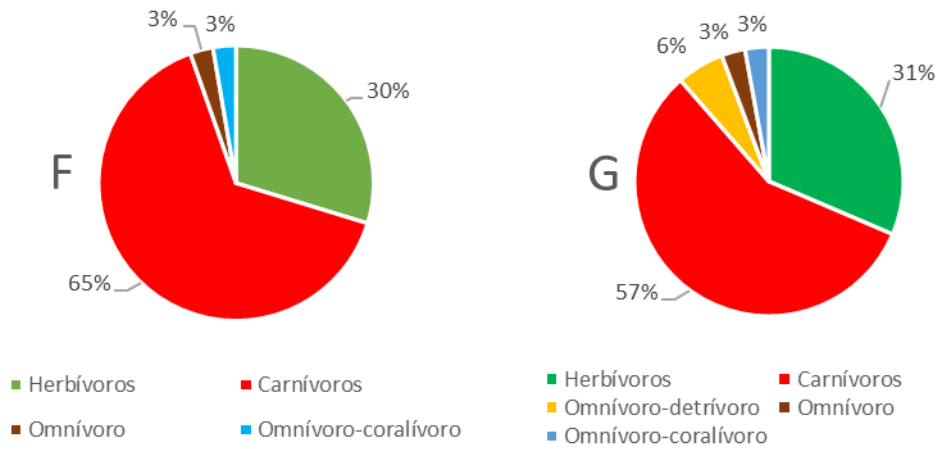


Figura 16. Grupos tróficos representados en las comunidades de peces, a 10 m de profundidad del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, 2018-2019. F) Punta Cahuita y G) Puerto Vargas.

Fuente: Elaboración propia

En relación con los resultados de los parámetros fisicoquímicos del arrecife de Cahuita, se puede observar en el cuadro 6, los promedios en los diferentes puntos de muestreo. Destacan el oxígeno disuelto (OD mg/L) con un promedio total de 5.56 mg/L, un máximo de 6.4 mg/L en Punta Cahuita a un metro de profundidad y un mínimo de 5.0 mg/L en Puerto Vargas a 10 m. El pH con un promedio total de 8.45, siendo mayor en Puerto Vargas con 8.73 a 6 m de profundidad y un mínimo de 8.3 en Punta Cahuita a un metro.

Además, la temperatura (°C) tuvo un promedio de 30.32 °C, siendo las más altas registradas en Punta Cahuita y Playa Blanca de 30.2 °C a un metro de profundidad, mientras que la menor temperatura estuvo en Punta Cahuita a 10 m de profundidad con 28.8 °C. La salinidad promedio fue de 30.2 ppt, la mayor salinidad estuvo en Puerto Vargas a 6 m de

profundidad con 31.4 ppt y la mínima también en Puerto Vargas con 28.7 ppt. Para finalizar, el promedio de transparencia del agua fue de 3.73 m, la máxima se registró en Punta Cahuita a 10 m de profundidad con 6.48 m y la mínima se localizó en Puerto Vargas a 6 m de profundidad con 4.8 m.

Cuadro 6. Parámetros físicoquímicos (promedios) registrados en el arrecife del Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Lugar	pH	Temperatura °C	Salinidad (ppt)	Oxígeno (mg/L)	Transparencia (turbidez m)
Puerto Vargas 1 m	8.44±0.04	29.8±0.2	28.7±0.9	5.2±0.04	1±0
Puerto Vargas 6 m	8.73±0.01	29.2±0.4	31.4±0.8	5.7±0.2	4.8±0.6
Puerto Vargas 10 m	8.62±0.01	28.9±0.5	31.3±0.3	5.0±0.08	5.8±0.4
Punta Cahuita 1 m	8.3±0.08	30.2±0.3	29.3±0.2	6.4±0.4	1±0
Punta Cahuita 10 m	8.34±0.2	28.8±0.4	29.2±1.3	5.43±0.1	6.48±2.2
Playa Blanca 1 m	8.32±0.3	30.2±0.2	30.6±0.5	5.73±0.5	1±0
Playa Blanca 6 m	8.39±0.1	29.2±0.2	30.7±0.2	5.5±0.08	5±1.6
Cahuita total	8.45±0.1	30.32±0.6	30.2±1.08	5.56±0.4	3.73±2.2
SD	0.1645	0.59080	1.0889	0.4504	2.2932
SE	0.0621	0.2233	0.4115	0.1702	0.8667

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de los componentes principales fueron considerados, el lugar y la fecha del muestreo, así como el número de especies encontradas en cada sitio. Además, de las variables fisicoquímicas como el pH, la temperatura, la salinidad, el oxígeno, transparencia (turbidez) y la precipitación (Boletín metereológico mensual, 2018-2019) en el Caribe Sur durante el desarrollo de la investigación (Cuadro 7).

Cuadro 7. Variables fisicoquímicas entre las zonas y meses muestreados en el arrecife del Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Lugar	Especies	pH	Temperatura °C	Salinidad (ppt)	Oxígeno (mg/L)	Transparencia (turbidez m)	Precipitación (mm)
PV1 abril 18	14	8.53	29.9	29.8	5.2	1	276.2
PV1setiembre18	12	8.43	29.3	29.7	5.3	1	116.2
PV1setiembre19	25	8.52	29.8	31.7	5.2	1	167.4
PV6octubre18	29	8.5	29.3	31.8	5.73	4	191.2
PV6octubre18	20	8.52	28.9	29.8	5.4	5.1	191.2
PV6setiembre19	26	8.54	30	30.3	5.9	5.5	167.4
PV10Abril18	21	8.51	28.5	31.3	5.1	5.3	276.2
PV10setiembre19	14	8.52	29.5	31.8	5	6	167.4
PV10octubre19	20	8.54	29.8	32.1	4.9	6.1	154.2
PC1Mayo18	15	8.35	30.6	29.1	6.5	1	278.8
PC1setiembre18	9	8.2	29.9	29.4	6.8	1	116.2
PC1setiembre19	26	8.4	30.5	29.7	5.9	1	167.4
PC10Abril18	16	8.48	28.3	29	5.6	4	276.2
PC10setiembre19	16	8.4	28.9	29.5	5.4	6	167.4
PC10octubre19	18	8.1	29.3	32	5.3	9.5	154.2
PB1Mayo18	18	7.9	30.2	31.1	5.5	1	278.8
PB1Mayo19	13	8.7	29.9	29.9	5.3	1	421.8
PB1octubre19	17	8.55	30.5	30.7	6.4	1	154.2
PB6Mayo18	23	8.2	29	30.9	5.6	2.5	278.8
PB6Mayo19	18	8.45	29.2	30.5	5.4	6	421.8
PB6octubre19	31	8.54	29.5	30.6	5.5	6	154.2

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de componentes principales de las variables fisicoquímicas, transparencia, profundidad y precipitación evaluadas, los tres primeros componentes explican el 75.77% de la variación de los datos (Figura 17). El primer componente representa el 42.98 % de la información, y se observa que la distribución de la mayoría de las especies de peces está relacionada en forma directa con la salinidad, transparencia, profundidad y pH. El segundo componente se encuentra representando el 18.64 % de la varianza, siendo pocas las especies relacionadas con pH y precipitación. El tercer componente explica el 14.14% de la variabilidad total del sistema, y representa las variables pH, temperatura, salinidad y precipitación como las responsables de la presencia de la ictiofauna en el ecosistema arrecifal.

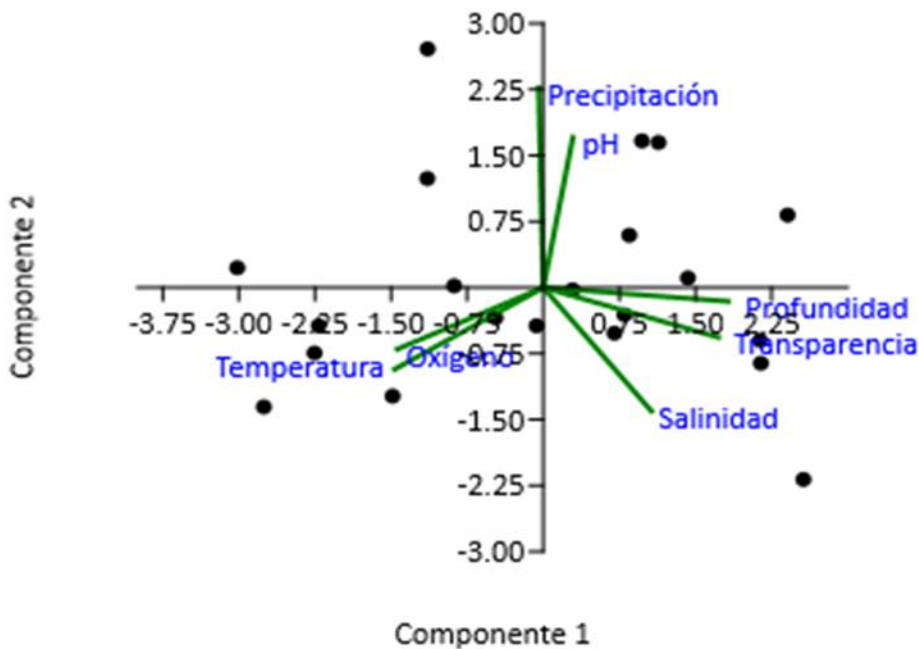


Figura 57. Análisis de los componentes principales CP1 y CP2, utilizando como variables: especies, pH, temperatura, salinidad, oxígeno, transparencia y precipitación, en el Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica entre 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se refiere a los sedimentos recolectados en el punto de muestreo de Playa Blanca a 6 m, las tasas y variaciones se vieron marcadas con el cambio de época lluviosa (noviembre a febrero y de junio a agosto) a seca (marzo a abril y de setiembre a octubre). Registrando en promedio una tasa de sedimentación de (TSF) = 117.42 mg/cm²/día.

La biomasa se calculó en base a las 33 especies que tenían disponibles la longitud y los coeficientes de la fórmula ($B = a \times L^b$) establecida por Marks y Klomp (2003), y Claro (1994). La biomasa total alcanzó los 3801.9 g/100 m², lo que indica que está en una categoría pobre. La de los peces carnívoros llegó a 1252.73 g/100 m² lo cual refleja una condición crítica y la de los herbívoros 2549.18 g/100 m², lo que muestra un estado regular, según el cuadro 8.

La densidad total de peces se estimó en 43.45 ind/100m², la densidad total de herbívoros en 3.05 ind/100m² y la densidad total de carnívoros en 5.97 ind/100m². Esto para efectos de uso de la escala de bioindicadores de la ictiofauna en arrecifes (Claro, Lara, y García, 2013). Lo que nos indica según cuadro 8, que la densidad total está es clasificación pobre y que las densidades de herbívoros y carnívoros están en situación crítica.

Cuadro 8. Sistema de escalas de bioindicadores de condición de la ictiofauna en arrecifes del Caribe

Indicador	Clasificación y puntaje				
	Crítica 1	Pobre 2	Regular 3	Buena 4	Muy Buena 5
Biomasa total de peces de AGRRA (g/100m ²)	<3000	3000-5999	6000-11999	12000-25000	>25000
Biomasa de peces herbívoros (g/100m ²)	<1000	1000-1999	2000-3999	4000-8000	>8000
Biomasa de peces carnívoros (g/100m ²)	<2000	2000-3999	4000-7999	8000-16000	>16000
Densidad total de peces de AGRRA (ind/100m ²)	<25	25.0-49.9	50.0-99.9	100-200	>200
Densidad de peces herbívoros (ind/100m ²)	<12.5	12.5-24.9	25.-49.9	50-100	>100
Densidad de peces carnívoros (ind/100m ²)	<25	25.5-49.9	50.0-99.9	100-200	>200

Fuente: (Claro et al., 2013).

5. TALLER

“PROPUESTAS DE ACCIONES DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES ÍCTICAS DEL ARRECIFE CORALINO”

El taller presencial fue realizado en octubre del 2020, en Cahuita, que pretendía crear de forma participativa la construcción de acciones de manejo y conservación. Se tuvo la participación de 8 actores claves, representantes de la asociación de desarrollo integral y guías de turismo. A pesar de los esfuerzos realizados el sector pesquero no tuvo representación por los cierres de carretera u otras causas, al igual que los guardaparques del Parque Nacional Cahuita producto de contagios por Covid 19.

Primeramente, se presentaron los resultados de la investigación (Anexo 4), segundo se aplicó la técnica FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) sobre la comunidad y el Parque Nacional Cahuita (Anexo 5). Y tercero se realizó el mapa participativo comunitario entre los asistentes (Anexo 6). Durante el FODA se organizaron grupos donde los participantes discutieron, aportaron ideas, para luego exponerlas. Y también por medio del mapa participativo comunitario los asistentes debían presentar gráficamente cómo se vería Cahuita y ellos dentro de 10 años, y que se podría hacer para mejorarlo.

El objetivo del taller era “construir de forma comunitaria y participativa, las propuestas de acciones de manejo y conservación para las especies de peces del arrecife del Parque Nacional Cahuita”. Se puede afirmar que el objetivo del taller fue logrado. A continuación, se resumen los aportes de los participantes y en letra negrita los relacionados a la parte marina:

5.1 Foda

5.1.1 Fortalezas

- Parque Nacional Cahuita con la parte marino-costera
- La cultura
- Sistema de reciclaje

- **Protección del área marina**
- Sistema de tratamiento de aguas negras en Puerto Viejo que favorecerá también a Cahuita
- Protección de especies de tortugas marinas
- Mejoramiento en los sistemas de riego de las bananeras y protección ambiental
- Capacitaciones a la comunidad por parte de instituciones como el INA, ICT, etc.
- La única comunidad declarada como ciudad
- La única comunidad ordenada en cuadrantes
- La única comunidad declarada tribal
- **Tener el arrecife mejor desarrollado de Costa Rica.**
- Sistema de gobernanza del Parque Nacional Cahuita
- Buena infraestructura turística
- Comunidad comprometida con el Parque Nacional Cahuita
- Seguridad

5.1.2 Oportunidades

- Control y monitoreo con las universidades y SINAC
- Gasolina exonerada para los pescadores
- **Proyecto con el ICE para la construcción de arrecifes artificiales**
- **Las ONG extranjeras que apoyan en el desarrollo de jóvenes, niños y adultos en conocer la diversidad marina**
- La Cámara de Comercio que trae capacitaciones y becas para los participantes
- Facilidades de capacitación
- Presencia de ONGs
- Campañas de promoción turística
- Organización de actividades culturales (Festivales)
- Intercambio cultural

- Visitación turística

5.1.3 Debilidades

- Abandono del gobierno central y local (municipalidades)
- División de organizaciones locales
- Limitada promoción turística
- Mal información al turista por parte de los medios de comunicación
- **La posesión de tierras en el área marino terrestre**
- El abastecimiento de agua potable
- Poca participación de los actores claves
- Poca promoción de la comunidad de Cahuita
- Falta de presencia policial (policía turística)
- Falta de inversionistas

5.1.4 Amenazas

- **Cambio climático**
- **Bananeras**
- **Deforestación**
- **Ganadería**
- La aculturación
- La mala imagen que se le da a la provincia de Limón
- Erosión costera
- **Amenaza en la pérdida de coral**
- **Presencia de especies invasoras en el arrecife como el pez león**
- El desempleo
- La falta de interés del gobierno
- Falta de visión de los jóvenes de qué hacer en el futuro
- **Aguas muy calientes que hacen que los peces se vayan a lo más profundo**

5.2 Mapa participativo comunitario

5.2.1 ¿Cómo se verán ustedes dentro de 10 años y su entorno?

- **Pérdida de Punta Cahuita**
- Pérdida de los cocoteros en la playa por invasión de almendros
- Pérdida de playa para el desove de las tortugas marinas
- **Blanqueamiento del arrecife coralino**
- La playa llegará hasta el río perezoso
- Pérdida de la cultura en Cahuita la gente joven se va yendo y los mayores van falleciendo
- Playas contaminadas con coliformes fecales
- Más casas y construcciones, y sobrepoblación
- **El recurso marino sobreexplotado**
- **Demasiada gente haciendo snorkeling**
- **Destrucción del arrecife**
- Erosión del sendero y la costa
- Todo depende si sobrevivimos al Covid 19
- Si seguimos cuidando y conservando, tendremos una gran área natural desde playa Grande de Cahuita hasta playa Blanca.
- **Sería un lugar sin vida, más fincas bananeras, más construcciones, etc.**
- Más tala de árboles debido al mal manejo del gobierno
- El cambio climático traerá mucha sequía
- **Habrà más deforestación y contaminación ambiental**
- "Cahuita será un pueblo de gente muy mayor, de pocos jóvenes, ya que no habrá empleo y muchos no quieren seguir pescando ni manteniendo las tradiciones".

5.2.2 ¿Qué hacer para mejorar?

-Reforestar

-Reciclar

-Campañas de concientización en la población

- Más estudios de las universidades

-Restauración de arrecifes con estructuras artificiales

-Plan regulador para controlar las zonas de amortiguamiento o construcciones en áreas no aptas para construir en la montaña

-Construir pasos de fauna ya que muchos animales mueren atropellados

-Control de la capacidad de carga en el arrecife (cantidad de bañistas)

-Mejorar las prácticas en los tours acuáticos

-Siembra de árboles para proteger el suelo

-Colocación de barreras de contención en la playa para evitar la erosión

-Que los jóvenes se interesen en la conservación, la pesca, estudiar biología, en la agricultura.

-Tenemos que rescatar la juventud para que mantengan la cultura y las tradiciones.

Cuadro 9. Pautas propuestas para la conservación de las especies ícticas en los arrecifes coralinos del Parque Nacional Cahuita.

SITIO	PAUTA	PASOS A SEGUIR	PERIODICIDAD	RESPONSABLES	SOCIOS	PERSONAL REQUERIDO
Todo el arrecife	Monitoreo de la comunidad de peces del arrecife	Realizar transectos de 100 m ² siguiendo el protocolo AGRRA	Marzo-mayo y setiembre-octubre	SINAC-ACLAC	Academias, ONGs e investigadores	Academia
Todo el arrecife	Monitoreo de la especie exótica <i>Pterois volitans</i>	Prevenir, detectar y controlar la especie invasora con artes de pesca (nasas, línea y arpón)	Todo el año	SINAC-ACLAC	Academias, ONGs, investigadores, usuarios del arrecife y miembros de la comunidad	Academia, guardaparques, guías y boteros
Todo el arrecife	Monitoreo del arrecife de coral	Detectar las áreas afectadas por el blanqueamiento	Marzo-mayo y setiembre-octubre	SINAC-ACLAC	Academias, ONGs, investigadores, usuarios del arrecife y miembros de la comunidad	Academia, guardaparques, guías y boteros
Senderos acuáticos	Flujo de visitantes	Controlar la cantidad de usuarios dentro del arrecife	Todo el año	SINAC-ACLAC	Asociación de Desarrollo Integral de Cahuita, guías y boteros	Guardaparques

Continuación de cuadro 9.

SITIO	PAUTA	PASOS A SEGUIR	PERIODICIDAD	RESPONSABLES	SOCIOS	PERSONAL REQUERIDO
Donde lo amerite	Restauración del arrecife en forma natural o con estructuras artificiales	Trasplante de corales o reemplazo de algunas partes del arrecife con estructuras artificiales que ofrezcan una vez más protección a la costa.	Todo el año	SINAC-ACLAC	Academias, investigadores, ONGs, empresas privadas y embajadas.	Academia
Todo el arrecife	Monitoreo de la sedimentación	Se reemplazan las trampas de sedimentos colocadas, se seca su contenido, se pesa y luego se calculan las tasas de sedimentación por sitio (modificada de Garzón et al. 2002)	Cada tres meses	Academias e investigadores	SINAC-ACLAC, guías y boteros.	Academia
Áreas fuera del parque nacional	Monitoreo para reducir la sedimentación	Por medio de estrategias reducir la erosión tanto agrícola como urbana	Todo el año	MAG	SINAC-ACLAC, Academias, ONGs, compañías bananeras	Academia

6. DISCUSIÓN

Para realizar esta investigación se eligió el uso de la técnica de video transecto, que ha adquirido gran popularidad por ser métodos alternativos al censo visual basados en el muestreo íctico (Shortis, Harvey, Seager, 2007; Pelletier, Leleu, Mou-Tham, Guillemot, y Chabanet, 2011). Estos sistemas se utilizan para evaluar los patrones espaciales y temporales de abundancia, talla y composición de las agregaciones de peces (Mallet y Pelletier, 2014). La ventaja es que no son invasivas para los ecosistemas y pueden ser replicadas.

Además, resultó ser una buena opción, ya que se pueden cubrir áreas amplias en corto tiempo sin mayor esfuerzo obteniendo videos permanentes de alta resolución (Sweatman et al., 2008; McGann y Creary, 2008; Creary, Smith, y Green, 2012). Cruz, Kikuchi, y Leño (2008) mencionan, que la principal desventaja de esta técnica es la resolución taxonómica limitada para la identificación a nivel de especie de algunos grupos, especialmente aquellos con dimensiones reducidas. Esta desventaja también representó una dificultad en esta investigación, haciendo más difícil la identificación de peces de tamaños reducidos.

De las 90 especies identificadas en el arrecife de Cahuita, 19 de ellas no habían sido reportadas en las últimas investigaciones en esa área por Arrieta (2013), Phillips y Pérez (1983), y Cortés et al. (2010), ni en otras anteriores. Cabe resaltar como nota ecológica el reporte de tres nuevos registros para el Caribe de nuestro país:

La especie *Nomeus gronovii* presentó un individuo y se encontró en el área arrecifal de Puerto Vargas, a 30 centímetros de profundidad dentro de una pequeña medusa *Mnemiopsis leidyi*. Estaba en etapa de postflexion-juvenil (Ahlstrom, Butler y Sumida, 1976), que en ocasiones salía y volvía a entrar dentro de ella. El *Nomeus gronovii* es un pez que alcanza 40 cm, vive en mar abierto asociado a los dactilozoides de *Physalia physalis* (Jenkins, 1983; Leung, 2014). Tiene su distribución mundial en aguas templadas y tropicales, y en América va desde Carolina del Norte hasta el sur del Caribe (Robertson et al. 2019).

Los dos especímenes de *Labrisomus conditus* fueron encontrados en Puerto Vargas dentro y fuera de estructuras coralinas. Es un pez de 22 centímetros que vive en arrecifes de parche, formaciones coralinas y escombros de corales. Cuya distribución va desde la Florida hasta Brasil, pero es de origen sudamericano. Y su rango de profundidad es usualmente menor a 3 m, pero se puede encontrar a 6 m o más (Robertson et al. 2019).

El *Syngnatus caribbaeus* fue observado en Puerto Vargas sujeto a un coral. Llega a alcanzar 22 centímetros y su hábitat es costero asociado a arrecifes, estuarios, fondos arenosos y vegetación. Se encuentra desde Cuba hasta el sur del Caribe (Randall 1996, Robertson et al. 2019). De estas especies es posible que estuvieran en nuestras costas, pero que no habían sido registradas, producto de los limitados recursos con los que se cuentan para realizar investigaciones continuas y /o monitoreos. Y la presencia del *Labrisomus conditus* se debe a que ha aumentado su rango de distribución desde Brasil.

Por otra parte, el *Ginglymostoma cirratum* fue avistado una sola vez; Palacios (2009) sugiere que en investigaciones futuras se demuestre que este pez cartilaginoso no es una especie amenazada. Pero que es vulnerable a la extracción local por sobrepesca (Compagno, 2001, citado en UICN, 2006), por lo que se debe revisar la fragilidad de su población.

Las especies registradas son características de arrecifes y de zonas costeras del Caribe (Humann y DeLoach, 2014). A excepción de *Pterois volitans* (pez león), el cual es considerado como exótico e invasor, nativo del océano Índico y Pacífico occidental. Se observó un único individuo en Puerto Vargas al lado de una estructura coralina. En comparación al estudio realizado por Sandel (2011) que registró 5 individuos en 767.5 m² en nuestro caso, 1.28 individuos en 767.5 m². Algunos factores que podrían influir en esta variación están: la temporada, el reclutamiento local, la disponibilidad de nichos vacíos; y la presión pesquera ejercida sobre la especie invasora (Morris et al., 2009).

Las especies *Stegastes adustus*, *Stegastes diencaeus*, *Stegastes spp*, *Haemulon macrostomum* y *Thalassoma bifasciatum* se encontraron en todas las localidades. Mientras que, *Canthigaster rostrata* y *Halichoeres bivittatus* no fueron observados en algunos de los

muestreos. Siendo *Thalassoma bifasciatum* la más abundante en Cahuita, y en muestreos realizados en arrecifes de coral en diferentes zonas de Cuba, ya que son peces de distribución amplia que se encuentran en todos los biotopos durante todo del año. (Chevalier y Cárdenas, 2005).

Especies comerciales como *Lutjanus analis*, *Lutjanus apodus*, *Lutjanus jocu* y *Lutjanus mahogoni* mostraron un menor número de individuos en comparación a *Lutjanus synagris* y *Ocyurus chrysurus*. Esto es posible que se atribuya a la pesca intensa en años precedentes como ha sucedido en Cuba (González, Hernández, y Aguilar, 2008).

En relación a estudios realizados en el Caribe, se observa una estructura íctica similar en Cahuita, considerando las familias y las especies dominantes. Las familias Pomacentridae, Acanthuridae, Scaridae, Serranidae, Chaetodontidae, Lutjanidae y Haemulidae han sido registradas como las más representativas en otras investigaciones realizadas en arrecifes coralinos (INVEMAR 2009; Peláez 2010; Humann y Deloach 2014) para esta investigación han sido Labridae, Haemulidae, Pomacentridae, Scaridae, Labrisomidae y Lutjanidae.

Al comparar las familias dominantes nuestras con respecto a las del Parque Nacional Punta Francés en Cuba, las familias Scaridae, Acanthuridae, Pomacentridae son las más abundantes (Navarro y Angulo, 2015). Esto sugiere que el arrecife de Cahuita está en desequilibrio, porque presenta poblaciones de peces herbívoros (Scaridae y Acanthuridae) relativamente bajas. Como consecuencia esto ha traído un crecimiento desmedido de macroalgas en Punta Cahuita y Puerto Vargas.

Los peces herbívoros por sus hábitos y características ecológicas, tienen un importante rol como controladores del crecimiento de macroalgas, y por tanto en el mantenimiento de la cobertura de los corales (Hughes, 1994; Mumby et al., 2006, 2007; Jackson et al., 2014). Por esta razón, si nos vamos al cuadro del sistema de escalas de bioindicadores de la ictiofauna en arrecifes del Caribe de Claro et al. (2013), el de Cahuita se encuentra en riesgo debido a condición crítica de las bajas densidades de individuos herbívoros y carnívoros.

Todo parece indicar que las bajas densidades y diversidades de peces, se debe al bajo relieve del arrecife según Phillips y Pérez (1984), y Fonseca y Gamboa (2003), en comparación a otros arrecifes del Caribe (Paddack et al. 2009). En Cahuita la presión de la pesca ha sido relativamente baja, ya que solo se permite pescar con línea (Fonseca y Gamboa, 2003). Por tal motivo, la pérdida del ecosistema sea la causa de las bajas poblaciones ícticas (Bolaños et al. 2017 a)

En relación a la biomasa, los valores totales nos indican que se encuentra en categoría pobre, mientras que la de los peces carnívoros refleja una condición crítica y los herbívoros muestran un estado regular. En todo caso esto es un reflejo de las bajas densidades ícticas del arrecife.

Aunque no se realizó una evaluación del sistema arrecifal, esto pudo influir en la densidad y diversidad de peces. En Puerto Vargas a 6 m, se observó que presentaba abundantes macroalgas, esponjas, y pocas estructuras coralinas, que estaban bien desarrolladas en Playa Blanca a esa misma profundidad. Por lo que, Playa Blanca presentó una mayor densidad íctica en comparación a Puerto Vargas, no así en riqueza de especies, en la que Puerto Vargas fue superior. Lo anterior es posible debido a la menor presencia de sedimentos en el fondo, que afecten a la ictiofauna bentónica, y a un mayor número de biotopos presentes en ese lugar.

Cabe considerar que, las diferencias en la estructura de las comunidades están relacionadas con la topografía del lugar y con el carácter del reclutamiento, tal y como sucedió en todas las localidades evaluadas. Las especies residentes son generalmente peces pequeños que utilizan el arrecife como refugio y base alimentaria a la vez, e incluso en algunos casos como zona de reproducción. Muchos de estos individuos forman el grupo de consumidores primarios, que se alimentan de las algas epífitas que crecen sobre los corales. (Claro et al., 1990).

Punta Cahuita y Puerto Vargas, a 10 m, presentan topografías parecidas. Esto las hace similares en densidad y diversidad. De manera diferente, se comportaron Playa Blanca, Punta

Cahuita y Puerto Vargas donde, a un metro, mostraron valores diferentes de densidad y riqueza de especies. Lo cual explica, que la complejidad del relieve y el alto cubrimiento de coral vivo ofrecen una enorme cantidad de refugios para los peces, favoreciendo la presencia de mayor número de individuos por unidad de área (González y Arias, 2000).

Sin embargo, debe considerarse que muchos de estos peces pueden ser considerados como residentes y otros como visitantes, que están de paso. Según Claro (1994), las relaciones de unos y otros con la comunidad del arrecife son diversas y complejas. Por ejemplo, hay individuos herbívoros que controlan la proliferación de algas, otros se encargan de la limpieza de branquias y bocas, etc. De las especies encontradas en estos arrecifes, 81% pueden considerarse como residentes, y el resto transeúntes o visitantes.

Al comparar los índices ecológicos de Shannon y Pielou de esta investigación, con los registrados por Phillips y Pérez (1984) encontramos valores similares. Lo que indica que, a pesar de las perturbaciones antrópicas de las últimas décadas, estos se mantienen en el tiempo. De igual forma, el índice de diversidad de Shannon en cada uno de los muestreos realizados durante el 2018-2019 de forma independiente, no se encontraron variaciones significativas entre las épocas poco lluviosa y lluviosa en la estructura de las comunidades de peces. Cobián et al. (2011) en un estudio realizado en Cuba, mencionan que cuando existen diferencias pueden estar asociadas con la presencia o ausencia de influencias terrígenas durante el ciclo anual (aguas fluviales, sedimentos, contaminantes, etc.).

Por consiguiente, el año 2018 en el Caribe Sur fue “inusual”, según comentarios de los boteros, Cahuita estuvo marcado por la presencia de sedimentos casi todo el tiempo, esto debido a las condiciones climatológicas que imperaron. Por lo que se refiere a las corrientes dentro del Parque Nacional estas fluyen de noroeste a sureste y su velocidad depende en gran medida del viento (Cortés y Risk 1984). Los sedimentos que están afectando Cahuita parecen provenir del río La Estrella, según imágenes satelitales (Cortés 1983). Esta suposición se basa en las siguientes pruebas: 1) En las imágenes de satélite del área se puede observar el sedimento saliendo del río moviéndose hacia el arrecife y 2) La composición geoquímica de los sedimentos alóctonos es igual a la de los del río La Estrella (Cortés, 1981).

En relación a lo anterior, se demuestra que los sedimentos capturados por las trampas ubicadas en Playa Blanca a 6 m, contenían restos de hojas, cortezas de troncos, etc. Una vez procesados eran finos de color negro, asemejando a aquellos de origen terrígeno y materia orgánica en descomposición, como mencionan Araya, Busutil, García, Pereira y Piedra (2020). Esto corrobora investigaciones de Cortés (1981, 1983, 1994; Cortés y Jiménez 2003), que plantean que es material generado por la erosión del suelo y la infiltración de agroquímicos en los bordes del río la Estrella, y la forma de mazo de Punta Cahuita propicia la retención de sedimentos en la parte norte.

Esto ha traído como consecuencia, mayor cobertura del sustrato por macroalgas y una disminución de coral vivo como sucede en Punta Cahuita a un metro de profundidad. Esto indica que la sedimentación es la causa de la colonización del sustrato submarino por organismos de crecimiento rápido que se benefician de los nutrientes (Fonseca et al., 2006). No obstante, estas condiciones en la calidad del agua son aprovechadas por otras especies piscívoras. Por ejemplo, el *Megalops atlanticus* tiene una mejor adaptación a las condiciones de turbidez para detectar a sus presas (Huber y Rylander, 1992).

En consecuencia, los sedimentos están afectando diferentes especies de corales, y otros organismos presentes en el sistema arrecifal. Un estudio realizado en Australia por Hess et al. (2017) sugieren que los sedimentos en suspensión interfieren en la agudeza visual y olfativa en algunas especies de peces de arrecife, en el establecimiento de las larvas y las capturas de presas. Asimismo, los sedimentos en suspensión tienen importantes impactos sobre procesos fisiológicos, tales como la respiración (Heath, 1995). Varios estudios han demostrado, que los sedimentos y otros contaminantes pueden irritar y dañar los tejidos branquiales generando cambios a nivel estructural (Au et al., (2004); Cumming y Herbert (2016)).

En relación a los índices de similitud de Jaccard y Bray-Curtis realizados sobre Playa Blanca (PB), Punta Cahuita (PC) y Puerto Vargas (PV) a un metro de profundidad determinan comunidades ícticas similares bajas para los sitios PV1-PC1 pese a la cercanía entre ambos.

Delgadillo, García, y Correa, (2004) plantean que “la asociación íctica en los arrecifes presenta una dinámica de asociación temporal variable en la composición, debido básicamente a la aparición no sistemática de especies no residentes”. Y PV1-PB1 muestran una similitud baja, pero se encuentran separadas por la Punta Cahuita, esta situación puede ser el resultado de una estructura coralina diferente (Álvarez, 2005). Pero PC1-PB1 son comunidades que alcanzan una semejanza alta; según Jardeweski y Almeida (2006) esto está determinado por el reclutamiento de las especies por ser comunidades cercanas. Finalmente, al comparar los tres sitios juntos, estos forman un núcleo de semejanza, lo que indica que las comunidades se comportan como una sola.

De la misma forma, Playa Blanca (PB) y Puerto Vargas (PV) a 6 m de profundidad demostraron ser comunidades con una semejanza media. Esta diferencia de similitud es producto a que la estructura arrecifal de Playa Blanca está más desarrollada que en Puerto Vargas. Comparativamente, Punta Cahuita y Puerto Vargas a 10 m (PC10-PV10) se distinguieron por presentar una similitud superior, lo que indica que son comunidades semejantes. Pero esta semejanza puede estar determinada por el efecto del oleaje, las corrientes y la ubicación de las localidades de estudio (Fulton y Bellwood, 2005).

De acuerdo con el Análisis de Componentes Principales sobre los parámetros fisicoquímicos, la interpretación de los mismos deduce que las variables temperatura, salinidad y transparencia son las principales responsables de las variaciones en la comunidad íctica. Un ejemplo de ello, es la variación de las especies de peces en las comunidades costeras marinas de latitudes tropicales y subtropicales relacionado con los cambios en la temperatura del agua (Longhurst & Pauly 1987, Galván, Gutiérrez, Abítia, y Rodríguez 2000).

Con respecto a las pautas propuestas, la más importante propone continuar con los inventarios de peces en el arrecife, ya que, de las 90 especies registradas, 19 corresponden a nuevas para el Parque Nacional. Esto con el fin de tomar acciones al encontrar alguna especie en estado vulnerable o en peligro de extinción.

Así mismo, al evaluar la eficiencia de los muestreos con la curva de acumulación de especies, indica que no se alcanzó el total estimado que eran 120 especies. Esto hace prioritario continuar con el estudio en los meses aptos para bucear y poder alcanzar el 100% de los especímenes que posee el Parque Nacional. Y de esta manera mantener actualizado el estado de conservación en que se encuentran las comunidades ícticas.

Otra de las acciones es prevenir, detectar y controlar la especie invasora *Pterois volitans*. En este caso, se requiere de una serie de socios como son las academias, ONGs, investigadores, usuarios del arrecife (guías y boteros) y miembros de la comunidad que en forma conjunta participen en su erradicación. Utilizando artes de pesca como nasas, línea y buceo a pulmón (arpón), siendo este último el más efectivo.

Es importante el monitoreo del sistema arrecifal al mismo tiempo que se realizan los transectos para los peces, ya que aporta información para comprender las causas de los cambios del ecosistema (Vega, Navas, Gómez, y López, 2011). O bien, que se hagan reportes cuando los guías turísticos o la misma población hacen visita al arrecife del Parque.

El flujo de visitantes de los senderos acuáticos debe priorizarse, para controlar la cantidad de usuarios dentro del arrecife. Debido a que en los meses de muestreos no se observaron funcionarios del Parque Nacional Cahuita, ni miembros del consejo local de manejo realizando inspecciones.

Durante el taller, se mencionó que el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) tiene un convenio con la Asociación de Desarrollo Integral de Cahuita para la construcción de arrecifes artificiales. Actualmente existe un deterioro de la estructura coralina que protege al parque del embate de olas y corrientes, y que está erosionando las playas. No obstante, la implementación de estructuras artificiales como estrategia de restauración, necesita ser considerada cuidadosa y críticamente en términos de necesidad, impacto ecológico, relación costo-beneficio y estética. Aunque el transplante de corales vivos podría ser una opción viable (Johnson et al. 2011).

La sedimentación es un problema que se ha venido agravando a través del tiempo, y es necesario mantener un registro de los niveles que llegan y se depositan en el arrecife. Como se mencionó, el sedimento no solo afecta el desarrollo del coral sino también los peces residentes y no residentes. Por lo que se plantea como sugiere el World Bank (2016) involucrar instituciones gubernamentales, universidades, ONGs, comunidades locales y las compañías bananeras, con el fin de establecer estrategias para la disminución de los sedimentos producidos en la parte continental.

Estos monitoreos y otras medidas de mitigación que se puedan generar *a posteriori*, podrían mejorar el ecosistema marino del Parque Nacional Cahuita. Dado que esto representa el futuro del pueblo de Cahuita y demás localidades que se benefician del turismo y la pesca.

7. CONCLUSIONES

- En el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita se reportan 90 especies de peces, cifra superior a investigaciones realizadas anteriormente por Phillips y Pérez (1983) con 49, y Cortés et al. (2010) con 51 respectivamente.
- La estructura de la comunidad de peces está estrechamente relacionada con las características físicas del hábitat. Es decir, cuanto más desarrollado sea el arrecife, mayor será el número de individuos presentes.
- El arrecife de Cahuita se encuentra en riesgo, debido a la condición crítica de las bajas densidades de peces herbívoros, lo que traerá como consecuencia un aumento de macroalgas en el ecosistema.
- Las variaciones de la salinidad, temperatura, y transparencia, son los principales responsables de los cambios de la comunidad íctica en la columna de agua.
- La sedimentación es un problema que está provocando la degradación lenta del arrecife de coral. Asociado a esto, se presenta el aumento de macroalgas en el ecosistema y la migración de aquellas especies de peces que no se pueden adaptar a las nuevas condiciones.
- Durante algunos de los muestreos, una limitante en el desarrollo de los video transectos fue la cantidad de sedimentos en suspensión, que luego imposibilitaron identificar algunos peces.
- En los miembros de la comunidad de Cahuita, hay una preocupación por el estado no solo del componente marino sino también del terrestre, ya que muchos dependen de los ingresos del turismo como actividad económica fundamental. Pero solo trabajando en conjunto, población y gobierno se podrán minimizar esas amenazas ambientales.

- Es necesario que las pautas propuestas se lleven a cabo para poder recuperar el ecosistema arrecifal. Y contribuir a que Cahuita logre mantenerse como el arrecife marginal más grande de Costa Rica.

8. RECOMENDACIONES

Con el fin de agilizar el cumplimiento de las pautas de conservación para las especies ícticas en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, se clasificaron según las instituciones y actores involucrados.

8.1 SINAC-ACLAC

- Implementación de protocolos de monitoreo anuales de la comunidad de peces del arrecife del Parque Nacional Cahuita, por medio de transectos de 100 m² siguiendo el protocolo AGRRA, en conjunto con academias, ONGs e investigadores. Se recomienda el uso de video cámaras submarinas para facilitar la identificación.
- Monitoreo todo el año, de la especie exótica *Pterois volitans*, con el fin de prevenir, detectar y controlar. Esto unido a los esfuerzos con academias, ONGs, investigadores, usuarios del arrecife (guías y boteros) y miembros de la comunidad. Se aconseja utilizar artes de pesca efectivos, como por ejemplo los arpones.
- Detección de áreas del arrecife afectadas por el blanqueamiento, al mismo tiempo que se realizan los muestreos de peces.
- Verificación siempre del flujo de visitantes que está estipulado en el Plan de Manejo del Parque Nacional, para la cantidad de usuarios dentro del arrecife. En colaboración con la Asociación de Desarrollo Integral de Cahuita, guías y boteros.
- Restauración del arrecife en forma natural o con estructuras artificiales. Trasplantando corales o reemplazando algunas partes del arrecife con estructuras artificiales que ofrezcan una vez más protección a la costa. Esto en cooperación con academias, investigadores, ONGs, empresas privadas y embajadas.

8.2 Academias

- Trabajo en conjunto con el SINAC-ACLAC, ONGs, e investigadores en el monitoreo anual de peces y arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, incentivando la utilización de video cámaras submarinas.
- Colaboración en la detección y control del *Pterois volitans*, junto al SINAC-ACLAC, ONGs, investigadores, usuarios del arrecife (guías y boteros) y miembros de la comunidad.
- Búsqueda de alternativas viables para la recuperación de la cresta arrecifal, ya sean naturales o artificiales a fin de que se detenga la erosión de la playa en Puerto Vargas. Esto en alianza con el SINAC-ACLAC, ONGs, investigadores, empresas privadas y embajadas.
- Colocación de trampas de sedimentación en Playa Blanca, Punta Cahuita y Puerto Vargas, para llevar un monitoreo trimestral de la cantidad de sedimentos que llegan al arrecife. En colaboración con el SINAC-ACLAC, guías y boteros.

8.3 Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

- Elaboración en conjunto al SINAC-ACLAC, Academias e investigadores un manual de estrategias de reducción de la erosión tanto agrícola como urbana.
- Fiscalización junto con las entidades antes mencionadas, el cumplimiento de los objetivos establecidos en el manual de estrategias de reducción de la erosión.

8.4 Asociación de Desarrollo Integral de Cahuita, guías y boteros

- Apoyo con el SINAC-ACLAC, academias, investigadores, ONGs, u otras entidades en la realización de las pautas de conservación de las especies ícticas, control de la especie *Pterois volitans*, regeneración del arrecife, colocación de trampas de sedimento, detección del blanqueamiento de coral y respeto de la cantidad de usuarios dentro del arrecife.

9. LITERATURA CITADA

- AGRRA (2012). Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment. Ocean Research & Education Foundation, Inc. Version 5.5
- Ahlstrom, E., Butler, J y Sumida, B. (1976). Pelagic stromateoid Fishes (Pisces, Perciformes) of the eastern Pacific: Kinds, distributions, and early life histories and observations on five of these from the northwest Atlantic. *Bull. Mar. Sci.* 26(3): 285-402
- Alvarado, J., Fernández, C. y V. Nielsen. (2006). Capítulo V. Arrecifes y comunidades coralinas. Pp. 51-67. En: V. Nielsen-Muñoz y M. A. Quesada-Alpizar (Eds.). *Ambientes Marino Costeros de Costa Rica*. Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la ZEE de Costa Rica, Informe Técnico. CIMAR, CI, TNC. San José. Costa Rica.
- Álvarez, J. (2005). Comparación de la estructura coralina del sustrato artificial (barco "Diamond") y el arrecife natural adyacente, junto con su importancia socioeconómica (isla de San Andrés, Caribe colombiano). Tesis pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.
- Álvarez, L. (2004). Influencia del hábitat sobre las asociaciones de peces en el arrecife coralino de Cabo Pulmo, B.C.S. México. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, México. 102 pp.
- Angulo, J. (2007). Ecotourism and marine protected areas: A possible synergy to achieve the sustainable tourism paradigm in the insular Caribbean. *Ocean Yearbook*, 21, 339-363.
- Araya, A., Busutil, L., García, A., Pereira, J., y Castro, L. (2020). Evaluación de la estructura comunitaria de las esponjas marinas en parches arrecifales del Caribe sur, Costa Rica. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* • Vol. 49 (1) DOI: 1025268/bimc.invenmar.2020.49.1.773

- Arrieta, U. (2013). "Estructura de la comunidad de peces de la zona arrecifal de Puerto Viejo-Punta Mona". Tesis de maestría, Universidad Nacional, Puntarenas. Costa Rica.
- Au, D., Pollino, C., Wu, R., Shin, P., Lau, S. y Tang, J. (2004). Chronic effects of suspended solids on gill structure, osmoregulation, growth, and triiodothyronine in juvenile green grouper *Epinephelus coioides*. *Mar. Ecol. Progress Series* 266, 255– 264. (Doi:10.3354/meps266255).
- Ault, T., y Johnson, C. (1998). Spatially and temporally predictable fish communities on coral reefs. *Ecological Monographs*, 68:25-50.
- Beger, M., Jones, G. y Munday, P. (2003). Conservation of coral reef biodiversity: a comparison of reserve selection procedures for corals and fishes. *Biological Conservation*, 111, 53-62.
- Begon M., Townsend C., y Harper, J. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems*. 4th edition. Blackwell Pub, Oxford.
- Bellwood D., Hughes T., Folke, C. y Nyström, M. (2004). Confronting the Coral Reef Crisis. *Nature*, Vol. 429, pp. 827-833.
- Bolaños, N., Acero, A., Rojas, A., Bent, H., Polanco, A. y González, J. (2017 a). *Scarus coeruleus*. 86-89. En: Chasqui, L., A. Polanco F., A. Acero P., P.A. Mejía-Falla., A. Navia., L.A. Zapata y J.P. Caldas. (Eds.). 2017a. Libro rojo de peces marinos de Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Serie de Publicaciones Generales de INVEMAR # 93. Santa Marta, Colombia. 552 p.
- Boletín Meteorológico Mensual. (2018-2019). Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica. [https:// www.imn.ac.cr/boletinmeteorologico](https://www.imn.ac.cr/boletinmeteorologico)
- Brock, V. (1954). A preliminary report on a method of estimating reef fish populations. *The Journal of Wildlife management*, 18:297-308.

- Brockovich, E., Barrantes, A. & Goren, M. (2006). Habitat structure determines coral reef fish assemblages at the northern tip of the Red Sea. *Ecological Indicators*. 6: 494-507.
- Bussing, W., y López, M. (2010). Guía ilustrada de Peces Costeros del Caribe de Centroamérica Meridional. *Rev.Bio. Trop.*, Vol.58. (Supl.2).
- Caballero, H., Chevalier, P., Varona, G., Cárdenas, A., Pastor, L., Hernández, A., y García, Y. (2004b) Componentes más comunes de la fauna del arrecife de coral de la cota oriental de Bahía de Cochinos, Cuba: corales, esponjas, gorgonáceos y peces: 37-44.
- Caldwell, D. (1963). Marine shore fishes from near Puerto Limón, Caribbean Costa Rica. Los Angeles County Museum: Contributions in Science 67: 3-11.
- CARICOMP. (2002). Status and temporal trends at CARICOMP coral reef sites. Proc. 9th Int. Coral Reef Symp., Bali, Indonesia 1: 325-330.
- CARICOMP. (1997). Caribbean coastal marine productivity (CARICOMP): a research and monitoring network of marine laboratories, parks and reserves. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp, Panamá, 1: 641-646.
- Casselle, J. y Warner, R. (1996). Variability in recruitment of coral reef fishes: the importance of habitat at two spatial scales. *Ecology*. 77: 2488–2504
- Castillo, M., Zárata, R. y Sanvicente, L. (2003) Patrones de la diversidad de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, México. *Hidrobiológica* 2003, 13 (4): 289
- Chávez, J. (2009). Caracterización y estructura de la ictiofauna de arrecifes rocosos y coralinos en Punta Carrizal, Colima, México para fines de inventario y conservación de la diversidad animal. Universidad de Colima Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DJ020. México D. F.
- Chávez, E. y Beaver, C. (2007). Peces de los arrecifes., 149-161. En: Tunnell J., Chávez, E. & Withers, K. 2007. Arrecifes Coralinos del sur del Golfo de México. Texas A&M University Press. 350 pp.

- Chevalier, P. y Cárdenas, A. (2005). Variación espacial y temporal de las asociaciones de peces en arrecifes costeros de la costa oriental de la Bahía de Cochinos. I: Abundancia y diversidad. *Revista de Investigaciones Marinas*, 26(1), 45-57.
- Chittaro, P. y Sale, P. (2003). Structure of patch-reef fish assemblages at St. Croix, US Virgin Islands, and One Tree Reef, Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 249, 277- 287.
- Claro, R., Lara, A. y García, A. (2013). Características generales de las asociaciones de peces en los arrecifes y manglares de la plataforma cubana. *Archivo científico del Instituto de Oceanología, Cuba*. 18pp.
- Cifuentes, M. y Masterson, D. (1991) Parque Nacional Cahuita, Plan Emergente. CATIE, Áreas Protegidas-Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. Servicio de Parques Nacionales Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. IICA/CATIE.
- Claro, R., Cantelar, K., Pina, F. y García, J. (2007). Cambios en las comunidades de peces de los arrecifes coralinos del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Rev. Biol. Trop.*, 55(2), 537-547.
- Claro, R. y García, J. (1994). Crecimiento. p.321-402. In R. Claro (ed.) *Ecología de los peces marinos de Cuba*. Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba and Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), México.
- Claro, R. (1994). *Ecología de los peces marinos de Cuba*. Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba; (Quintana Roo, México). Centro de Investigaciones de Quintana Roo. 525 pp
- Claro R., García, J. Valdés, E. y Sierra, M. (1990). Características de las comunidades de peces en los arrecifes del Golfo de Batabanó. R Claro, ed. Editorial Academia, La Habana, pp 1- 49
- Cobián, D., Claro, R., Chevalier, P., Perera, S. y Caballero, H. (2011). Estructura de las asociaciones de peces en los arrecifes coralinos del Parque Nacional Guanahacabibes, Cuba. *Rev. Mar. Cost.* Vol. 3: 153-169

- Collier, A. (1964). The American Mediterranean, Handbook of Middle American Indians. Vol. 1. University of Texas Press. Austin, Texas. In R.C. West, & R. Wauchope (eds.). p. 122-142.
- Cole, A., Pratchett, M. y Jones, G. (2008). Diversity and functional importance of coral feeding fishes on tropical reefs. *Fish and Fisheries*, Vol. 9, pp. 286-307.
- Compagno, L. (2001). Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Vol. 2. Bullhead, mackerel and carpet shark (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). FAO Spec. Cat. Fish. Purp. 1 (2):269 p. FAO, Rome.
- Connell, J. (1997). Disturbance and recovery of coral assemblages. Proceeding of the 8th International Coral Reef Symposium. Panama.
- Cortés, J., Fonseca, A., Nivia, J., Nielsen, V., Samper, J., Salas, E., Martínez, S. y Zamora, P. (2010). Monitoring coral reefs, seagrasses, and mangroves in Costa Rica (CARICOMP). *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (Suppl. 3): 1-22
- Cortés, J. (2009). Stony corals species list: Compact disc p 112-118. In I.S. Wehrtmann and Cortés, J.(eds). Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America. Monogr. Biol 86. Springer+Business Media B.V. Berlin, Germany.
- Cortés, J. y Jiménez, C. (2003). Past present and future of the coral reefs of the Caribbean coast of Costa Rica. En J. Cortés (Ed.), Latin American Coral Reefs, (pp. 223 – 239). Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier Science.
- Cortés, J. y León, A. (2002). Arrecifes coralinos del Caribe de Costa Rica. INBIO.
- Cortés, J. (1994). A reef under siltation stress: a decade of degradation. En R. N. Guinsburg (compilador), Proceedings of the Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History, 1993 (pp. 240-246). Miami, Florida: RSMAS, Universidad de Miami.
- Cortés, J. y Guzmán, H. (1985 a). Arrecifes Coralinos de la costa Atlántica de Costa Rica. *Brenesia* 23: 275-292.

- Cortés, J. y Guzmán, H. (1985 b). Organismos de los arrecifes coralinos de Costa Rica.III. Descripción y distribución geográfica de corales escleractinios (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia de la costa Caribe. Brenesia 24: 63-123.
- Cortés, J. y Risk, M. (1984). El arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 32: 109-121.
- Cortés, J y Risk M. (1983). El arrecife coralino del parque nacional Cahuita
- Cortés, J. (1981). The Coral Reef at Cahuita, Costa Rica: A Reel Under Stress. Tesis de Maestría: McMaster University, Hamilton, Canada. 176 p.
- Côté, I. y Knowlton, N. (2014). Coral Reef Ecosystems: A Decade of Discoveries. En M.D. Bertness, J., Bruno, B., Silliman, R. & Stachowicz, J. *Marine Community Ecology and Conservation*.
- Creary, M., Smith, L. y Green, S. (2012). Reef Health Monitoring to Inform Climate Change Policy in Jamaica. Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia, 9-13 July 2012 18B. Managing coral reef ecosystems under a changing climate.
- Cruz, I., Kikuchi, R. & Leão, M. (2008). Use of the video transect method for characterizing the Tacolomis Reefs, Eastern Brazil. Brazilian Journal of Oceanography, 56(4):271-280.
- Cumming, H. y Herbert, N. (2016). Gill structural change in response to turbidity has no effect on the oxygen uptake of a juvenile sparid fish. Conserv. Physiol. 4, cow033. (doi: 10.1093/conphys/cow033)
- Dallas, J. (2000). Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. México: Internacional Thompson Editores. p. 93-146.
- Delgadillo, O., García, C. y Correa, J. (2004). Dinámica temporal de la asociación de peces en dos arrecifes. Actual Biology, 26(81): 219-230.

- Delgado, P. y Stedman, M. (2004). La región del Caribe estadounidense, humedales y peces: una conexión vital. Administración Nacional de los Océanos y la Atmósfera. Oficina de Pesquerías de NOAA. División de Conservación de Hábitaculo, pp.40.
- Doherty, P. y Fowler, A. (1994). An empirical test of recruitment limitation in a coral reef fish. *Science* 263:935-939.
- Fonseca, A., Nielsen, V. y Cortés, J. (2007). Monitoreo de pastos marinos en Perezoso, Cahuita, Costa Rica. (Sitio CARICOMP). *Rev. Biol. Trop.* 55:55-66.
- Fonseca, E., Salas, E. y Cortés, J. (2006). Monitoreo del arrecife coralino Meager Shoal, Parque Nacional Cahuita (sitio CARICOMP). *Rev. Biol. Trop.* 54: 755-763.
- Fonseca, A. y Gamboa, C. (2003). A rapid assessment at Cahuita National Park, Costa Rica, 1999 (Part 2: Reef fishes). In J.C. Lang (Ed.). *Status of Coral Reefs in the Western Atlantic: Results of Initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program.* *Atoll Res. Bull.* 496: 258-266
- Fulton, C. y Bellwood, D. (2005). Wave-induced water motion and the functional implications for coral reef fish assemblages. *Limnol. Oceanogr.*, 50(1), 2005, 255–264
- Galván, M. (2015). Estructura de los ensamblajes de peces arrecifales de tres áreas marinas protegidas del Pacífico mexicano. *Ecosistemas y recursos agropecuarios.* 2(4) 69-86
- Galván, F., Gutiérrez, F., Abítia, L. y Rodríguez, J. (2000). The distribution and affinities of the shore fishes of Baja California lagoons, p. 338-398. In M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar & D.F. Malley (eds.). *Aquatic Ecosystem of Mexico.* Ecovision World Monograph, Backhuys, Leiden, Holland.
- Garpe, K. y Öhman, M. (2003). Coral and fish distribution patterns in Mafia Island Marine Park, Tanzania: fish-habitat interactions. *Hydrobiologia.* 498:191-211.
- Garzón, J., Reyes, M. y Rodríguez, A. (2002). Manual de métodos del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. Santa Marta, Colombia: INVEMAR.

- González, G., Hernández, I., y Aguilar, C. (2008). Tramas tróficas de peces de arrecifes en la región noroccidental de Cuba. I. Contenido estomacal. *Rev. Biol Trop* vol.56 n.2, San José.
- González, G. y Arias, G. (2000). Las comunidades de peces del arrecife alacranes y su relación con el paisaje arrecifal. Congreso Nacional de Arrecifes Coralinos, Veracruz, Veracruz, México
- Graham, N., McClanahan, T., MacNeil, M., Wilson, S., Polunin, N., Jennings, S. y Sheppard, C. (2008). Climate warming, marine protected areas and the ocean-scale integrity of coral reef ecosystems. *PLoS ONE*, 3(8): e3039. doi: 10.1371/journal.pone.0003039
- Groot, R., Wilson, M. y Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. The dynamics and value of ecosystem services: Integrating Economic and Ecological Perspectives. *Ecological Economics*, 41:393-408.
- Heath AG. (1995). Water pollution and fish physiology. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hess, S., Prescott, L., Hoey, A., McMahon, S., Wenger, A. y Rummer, J. (2017). Species-specific impacts of suspended sediments on gill structure and function in coral reef fishes. *Proc R Soc B* 284. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.1279>
- Hoegh, O. y Bruno, J. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328, 1523-1528. doi: 10.1126/science.1189930
- HRI (2015) www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/.../Reporte-2015.pdf.
- Huber, R. y Rylander, M. (1992). Quantitative histological study of the optic-nerve in species of minnows (Cyprinidae, Teleostei) inhabiting clear and turbid water. *Brain Behavior and Evolution*. 40(5): 250-255

- Hughes, T., Graham, N., Jackson, J., Mumby, P. y Steneck, R. (2010). Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(11), 633-642. doi: 10.1016/j.tree.2010.07.011
- Hughes, T. (1994). Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of the Caribbean coral reef. *Science*, 265, 1547-1551.
- Humann, P., y DeLoach, N. (2014). Reef fish identification: Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publications, Inc. Jacksonville, Florida, USA. Fourth Edition.
- Humman, P. (2002). Reef fish identification: Florida, Caribbean, Bahamas. Reef Enviromental Education Foundation. Florida. 3th edition.
- IFAD (Editor) (2009): Good Practices in Participatory Mapping. Rome: International Fund for Agricultural Development (IFAD). URL [Accessed: 04.05.2010].
- INVEMAR. (2007. 2008. 2009). Informe del Estado de los Ambientes y Recursos marinos y Costeros en Colombia: año 2007, 2008 y 2009. Serie de Publicaciones Periódicas. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés”. Santa Marta.
- IUCN (2006). Introduction – The IUCN Red List of Threatened Species™. At: <http://www.iucnredlist.org/info/introduction>. Accessed 14 August 2006.
- Jackson, J., Donovan, M., Cramer, K. y Lam, V. (2014). Status and trends of Caribbean coral reefs: 1970-2012: Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland.
- Jackson, J., Kirby, M., Berger, W., Bjorndal, K., Botsford, L., Bourque, B. y Warner, R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293, 629-638. doi: 10.1126/science.1059199
- Jackson, J. (1997). Reef since Columbus. Center for Tropical Paleoecology and Archeology, Smithsonian Tropical Research Institute. *Coral Reef*, 16:23-32.
- Jardeweski, C. y de Almeida, T. (2006) Fish assemblage on artificial reefs in south Brazilian coast. *Journal of Coastal Research*, 2, 1210–1214.

- Jenkins, R. (1983). Observations on the commensal relationship of *Nomeus gronovii* with *Physalia physalis*. *Copeia*, 1983(1): 250-252.
- Jiménez, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Rev.Ibér. Aracnol.* 8: 151-161
- Johnson, M., Lustic, C., Bartels, E., Baums, I., Gilliam, D., Larson, L., Lirman, D., Miller, M., Nedimyer, K., Schopmeyer, S. (2011). Caribbean Acropora Restoration Guide: Best Practices for Propagation and Population Enhancement. The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Kennedy, E., Perry, C., Halloran, P., Iglesias, R., Schonberg, C., Wisshak, M. y Mumby, P. (2013). Avoiding coral reef functional collapse requires local and global action. *Current Biology*, 23, 912- 918. doi: 10.1016/j.cub.2013.04.020
- Kinder, T. (1983). Shallow currents in the Caribbean Sea and Gulf of México as observed with satellite-tracked drifters. *Bull. Mar. Sel*, 33: 239-246.
- Knauss, J. (1976). *Introduction to Physical Oceanography*. (2 ed.). New York, EEUU: Prentice Hall.
- Krebs, J. (1985). *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. 2 Ed. Ed. Harla. México D.F.
- Lesser, M.P. y Slatery, M. (2011). Phase shift to algal dominated communities at mesophotic depths associated with lionfish *Pterois volitans* invasion on a Bahamian coral reef. *Biological Invasions*, 13: 1855-1868.
- Leung, T. (2014). Fish as parasites: an insight into evolutionary convergence in adaptations for parasitism. *Journal of Zoology*, 294(1): 1-12.
- Lizano, O. (2018). La dinámica de las corrientes marinas frente al Caribe de Costa Rica. ISSN 1409-214X. Enero-marzo 2018. *Ambientico* 265. Artículo 1 |Pp. 6-12|
- Longhurst, A. y Pauly, D. (1987). *Ecology of tropical oceans*. Academic, Londres, England.

- Mallet, D. y Pelletier, D. (2014). Underwater video techniques for observing coastal marine biodiversity: a review of sixty years of publications (1952-2012) *Fish. Res.*, 154, pp. 44-62
- Margalef, R. (1998). "1". *Ecología* (9a edición). Barcelona: Omega. ISBN 8428204055.
- Margalef, R. (1991). *Teoría de los sistemas ecológicos*. Publicacions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, España.
- Marks K. y Klomp K. (2003). Fish biomass conversion equations. *Atoll Research Bulletin*, 496:625-628.
- Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G. y Gleisser, R. (2012). *Manual de ecología. Evaluación de la biodiversidad. Reduca (Biología) Ser. Ecol.* 5(1): 71-115.
- Martínez, C. (2015). El muestreo en investigación cualitativa. Principios básicos y algunas controversias. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(3):613-619, 2012
- McGann, J. y Creary, M. (2008). Coral Reef Monitoring for the Organization of Eastern Caribbean States (OECS) and Tobago Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium. Ft Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008 Session Number 18.
- Micheli, F., Mumby, P., Brumbaugh, D., Broad, K., Dahlgren, C., Harborne, A. y Sanchirico, J. (2014). High vulnerability of ecosystem function and services to diversity loss in Caribbean coral reefs. *Biological Conservation*, 171, 186–194. doi: 10.1016/j.biocon.2013.12.029
- Moberg, F. y Rönnback, P. (2003). Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restoration. *Ocean and Coastal Management*. 46:27-46.
- Morales, A., Schmitter, J. y Herrera, R. (2012). Evaluación de un Área Marina Protegida en el Caribe: un análisis antes-después/control-impacto con peces arrecifales. En: *Investigación Ictiológica en México. Temas Selectos en honor al Dr. José Luis Castro Aguirre*. s.l.: s.n., pp. 231-245.

- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M y T Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 p.
- Morlans, M. (2004). Introducción a la ecología de poblaciones. Editorial científica universitaria, Universidad Nacional de Catamarca. ISSN 1852-3013
- Morris, J., Akins, J., Barse, A., Cerino, D., Freshwater, D., Green, S., Muñoz, R., Paris, C. y Whitfield, P. (2009). Biology and Ecology of the Invasive Lionfishes, *Pterois miles* and *Pterois volitans*. Gulf and Caribbean Fisheries Institute. 61: 2-6.
- MSP Resource Portal (2009): Multi-Stakeholder Processes: Locality Mapping. Wageningen: Wageningen UR Centre for Development Innovation. URL [Accessed: 04.05.2010].
- Mumby, P., Broad, K., Brumbaugh, D., Dahlgren, C., Harborne, A., Hastings, A. y Sanchirico, J. (2008). Coral reef habitats as surrogates of species, ecological functions, and ecosystem services. *Conservation Biology*, 22(4), 941-951. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.00933.x
- Mumby, P., Harborne, A., Williams, J., Kappel, C., Brumbaugh, D., Micheli, F. y Blackwell, P. (2007b). Trophic cascade facilitates coral recruitment in a marine reserve. *PNAS*, 104(20), 8362–8367. doi: 10.1073/pnas.0702602104
- Mumby, P., Dahlgren, C., Harborne, A., Kappel, C., Micheli, F., Brumbaugh, D. y Gill, A. (2006). Fishing, trophic cascades, and the process of grazing on coral reefs. *Science*, 311, 98-101. doi: 10.1126/science.1121129
- Mumby, P., Edwards, A., Arias, J., Lindeman, K. y Blackwell, H. (2004). Mangrove enhance the biomass of coral reef fish communities. *In the Caribbean Nature*. 427:533-536.
- Myers, R. y Worm, B. (2003). Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423, 280-283.
- Nanami, A., Nishihira, M., Suzuky, T. y Yocochi, H. (2005). Species specific hábitat distribution of coral reef ref. fishes' assemblages in relation to habitat characteristic in an Okinawan coral reef. *Environmental Biology of Fishes*. 72:55-65.

- Navarro, Z. (2015). "Ictiofauna arrecifal de Punta Francés, Cuba: Estructura y estado de conservación en el periodo 2011-2014". (Tesis de maestría). Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana.
- Navarro, Z. y Angulo, J. (2015) Estado de conservación de la ictiofauna arrecifal en parques nacionales cubanos. REVISTA INVESTIGACIONES MARINAS RNPS: 2096 • ISSN: 1991-6086 • VOL. 35 • N.O 1 • ENERO-JULIO • 2015 • PP.82-99
- Nielsen, V. y Quesada, M. (2008). Informe Técnico, Ambientes Marino Costeros de Costa Rica. Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. San José, Costa Rica. pp 219.
- Núñez, E., Arias, J., y Legendre, P. (2005). Spatial patterns of Yucatán reef fish communities- testing models using a multi-scale survey design. J Exp Mar Biol Ecol 324: 157–221.
- Orozco, C., Pérez, A., González, M., Rodríguez, F., y Alfayate, J. (2005). Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. España. Tercera edición, Thomson Editoriales. p. 29-125.
- Paddack, M., Reynolds, J., Aguilar, C., Appeldoorn, R., Beets, J., Burkett, E. y Fonseca, A. (2009). Recent region-wide declines in Caribbean reef fish abundance. Current Biology, 19(7), 590-595. doi: 10.1016/j.cub.2009.02.041
- Palacios, G. (2009). Senderos Submarinos del Parque Nacional Cahuita, Descripción biológica. *Rev.Mar. y Cost. Vol. I*: 231-244.
- Peláez, S. (2010). Comunidades ícticas de arrecifes someros en la Bahía de Capurganá y en la ensenada del Aguacate Caribe-Chocó. Tesis pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.
- Pelletier, D., Leleu, K., Mou-Tham, G., Guillemot, N., Chabanet, P. (2011). Comparison of visual census and high-definition video transect for monitoring coral reef fish assemblages. Fisheries Research, 107, 84-93. doi: 10.1016/j.fishres.2010.10.011

- Phillips, P. y Pérez, M. (1984). A comparative survey of reef fishes in Caribbean and Pacific of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32:95-102
- Ponce, H. (2007). La matriz FODA: Alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e Investigación en Psicología*. Vol. 12, Numero. 1: 113-13
- Ramírez, A. (2006). *Ecología, métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Pontificia Universidad Javeriana, (2006).
- Ramsundar, H. (2004). The distribution and abundance of wetland ichthyofauna, and exploitation of the fisheries in the Godineau Swamp, Trinidad--case study. *Rev. Biol. Trop.* 53: 11-23.
- Randall, J. (1996). *Caribbean reef fishes*. Third Edition - revised and enlarged. T.F.H. Publications, Inc. Ltd., Hong Kong. 3rd ed. 368 p.
- Reese, E. (1993). Reef fish as indicators of conditions on coral reefs. *Proc. Coll. On global aspects coral reef: health, hazards and history*.
- Riegl, B., Bruckner, A., Coles, L., Renaud, P. y Dodge, E. (2009). Coral reefs: threats and conservation in an era of global change. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1162: 136-186.
- Risk, M., Murillo, M. y Cortés, J. (1980). Observaciones biológicas preliminares sobre el arrecife coralino en el Parque Nacional de Cahuita, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 28: 36
- Roberts, C., McClean, C., Veron, J., Hawkins, J., Allen, G., McAllister, D. y Werner, T. (2002). Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs. *Science*, 295, 1280-1284. doi: 10.1126/science.1067728
- Robertson, D., Peña, E., Posada, J. y Claro, R. (2019). *Peces costeros del Gran Caribe: sistema de información en línea*. Versión 2. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- <https://biogeodb.stri.si.edu/caribbean/es/thefishes/species/2744>

- Robertson, D. (1992). Patterns of lunar settlement and early recruitment in Caribbean reef fishes at Panama. *Marine Biology*. 114: 527-537.
- Sale, P. (2004). Connectivity, recruitment variation, and the structure of reef fish communities. *Integrative and Comparative Biology* 44: 390-399.
- Sale, P. (2002). *Coral Reef Fishes, Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem*. Academic Press. USA, pp 549.
- Sale, P. (1991). *The Ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press.
- Sale, P. y Douglas, W. (1984). Temporal variability in the Community structure of fish on coral patch reefs and the relation of community structure to reef structure. *Ecology*, 65: 409-422.
- Sale, P., y Sharp, B. (1983). Correction for bias in visual transect censuses of coral reef fishes. *Coral Reefs* 2: 37-42
- Sale, P., y Douglas, W. (1981). Precision and accuracy of visual census technique for fish assemblages on coral patch reefs. *Environmental Biology of Fishes* 6:333-339
- Samboni, N., Carvajal, Y. y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e Investigación*. Vol. 27 No.3. 172-181
- Sandel, V. (2011). El pez león (*Pterois volitans/miles complex*) en el Área de Conservación La Amistad-Caribe, Costa Rica- estado actual de la población invasiva y perspectivas para el manejo. (Tesis de maestría). Universidad Nacional, Puntarenas. Costa Rica.
- Schaper, S. (1996). La comunidad de peces en el arrecife de Puerto Viejo (Limón, Costa Rica). *Rev. Biol. Trop.* 44(2): 923-925.
- SeaGIS (2011). Retrieved 2011-06-27 from www.seagis.com.au.
- Shannon, C. (1948). The mathematical theory of communication. En: *The mathematical theory of communication*. Shannon C.E. y Weaver W. (Ed). University of Illinois Press Urbana.

- Shortis, M., Harvey, E., Seager, J. (2007). A review of the status and trends in underwater video metric measurement. Paper presented at the SPIE Video metrics IX, California, U.S.A.
- Sierra, L., Claro, R., y Popova, O. (2002). Trophic Biology of the Marine Fishes of Cuba in Ecology of the Marine Fishes of Cuba. Edited by Claro, R., Kenyon, C., Lindeman and Lynne, R., Parenti. Smithsonian Institution Press, Washington and London. Pp 115-134
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2012). Plan General de Manejo del Parque Nacional Cahuita. Área de Conservación Amistad Caribe (ACLAC). Caribe sur Costa Rica. 105p.
- Sletto, B., Bryan, J., Torrado, M., Hale, C. y Barry, D. (2013). Territorialidad, mapeo participativo y política sobre los recursos naturales: la experiencia de América Latina. Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía, vol. 22, núm. 2. pp. 193-209
- Smith, T. y Smith, R. (2007). Ecología. Madrid, España. Pearson Educación S.A.
- Smith, C. (1975). Succession and stability in fish communities of the dome -shaped patch reefs in the West Indies. American Museum Novitates 2572:1-18.
- Sweatman, H., Cheal, G., Coleman, Emslie, M., Johns, K., Jonker, M., Miller, I. y Osborne, O. (2008). Long-term Monitoring of the Great Barrier Reef. Status Report Number 8. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, Australia. 369 p.
- Valdivia, A., De la Guardia, E., Armenteros, M., González, P., Suárez, A., Aguilar, C. y González, G. (2004). Inventario de los componentes más comunes de la flora y la fauna de algunos arrecifes coralinos de la Península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. Rev. Invest. Mar., 25(2), 113-121
- Vega, J., Navas, R., Gómez, K y López T. (2011). Instalación y Evaluación de dos nuevas estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos en el Caribe colombiano. Bolt. Inves. Mar. Cost. Santa Marta, Colombia. 40(1): 203-211.
- Victor, B. (1983). Recruitment and population dynamics of a coral reef fish. Science 219:419-420.

- Viesca, L. (2003). Cambios temporales en la estructura comunitaria de peces de arrecifes rocosos en la parte Suroccidental del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. UABCS, La Paz, México. 75 pp.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdova, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., y Umaña, M. (2006). Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad Colombia: Programa de Inventarios de Biodiversidad Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Watson, D., Harvey, E., Anderson, M. y Kendrick, G. (2005). A comparison of temperate reef fish assemblages recorded by three underwater stereo-video techniques. *Marine Biology* 148, 415-425.
- World Bank. (2016). Managing coasts with natural solutions: Guidelines for measuring and valuing the coastal protection services of mangroves and coral reefs. M. W. Beck and G-M. Lange, editors. *Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services Partnership (WAVES)*, World Bank, Washington, DC.

10. ANEXOS:

Anexo 1

Hoja de campo para el análisis de los video transectos

Hoja de campo para el análisis de los video transectos							
Fecha	Localidad	Observador	Transecto	Profundidad	Especie	Número de individuos	

Anexo 2

Invitación del taller impartido en la comunidad de Cahuita

Programa de Maestría
en Ciencias Marinas y
Costeras

UNIVERSIDAD NACIONAL

PROCIMAR
Programa de Maestría en Ciencias Marinas y Costeras



Invita al taller:

“PECES DE ARRECIFE,
CONSTRUCCIÓN
COMUNITARIA Y
PARTICIPATIVA DE
ACCIONES DE MANEJO Y
CONSERVACIÓN”

Jueves 8 de octubre, 2020

4:00 p.m. Salón comunal
Cahuita



UNA
UNIVERSIDAD
NACIONAL
COSTA RICA

Anexo 3

Especies frecuentes



Stegastes adustus



Stegastes diencaeus



Stegastes spp



Haemulon macrostomum

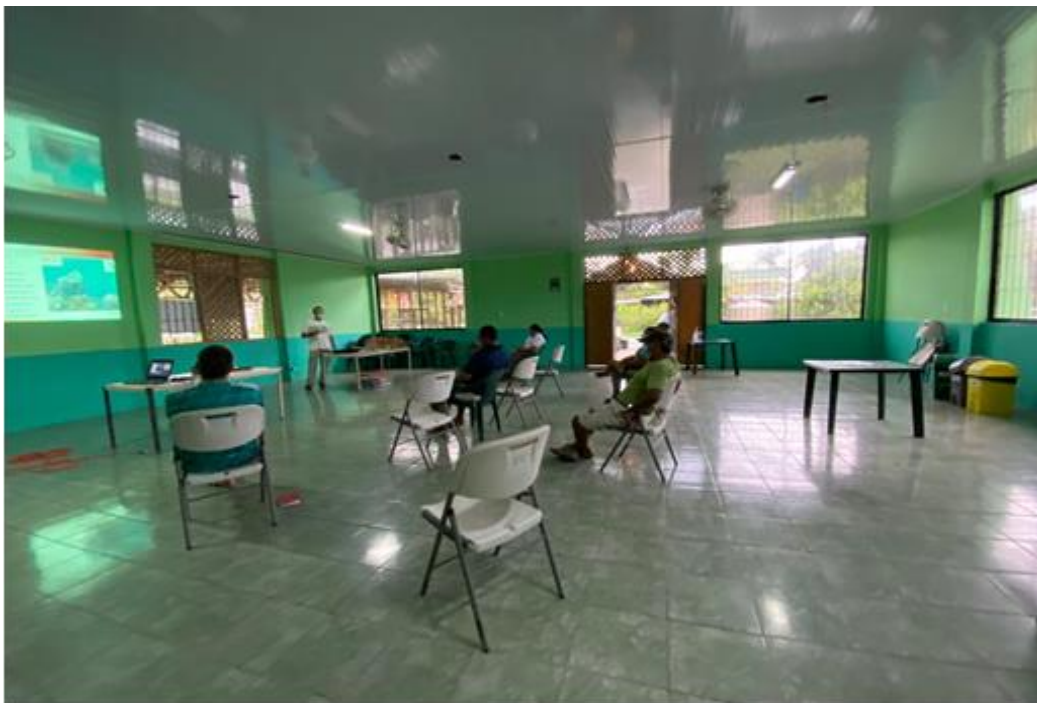


Thalassoma bifasciatum

Anexo 4

Taller

Resultados de la investigación



Anexo 5

Fotos de la realización del FODA





Debilidades.

- La posesion de tierras en el area marina terrestre.
- ~~E~~ Division de organizacion.
- El crecimiento de agua potable.
- Poca participacion en los actores locales.
- Poca promocion de la comunidad de Cabuita.
- Presencia policial.
- falta de inversionistas.

Amenazas:

- La mala imagen que se le da a la provincia de Limon.
- Erosion.
- Calentamiento global.
- Amenaza en la perdida del Colac.
- El desempleo.
- La falta de interes del gobierno.

Fortalezas

- Parque Nacional, marino costero + Cultural.
- Sistema de Reciclaje.
- Colac.
- Protección del Area marina.
- Sistema de tratamiento de aguas negras.
- Protección de especies de tortugas marinas.
- mejoramiento en los sistemas de riego de las bananeras + Protección ambiental.
- Capacitaciones a la comunidad.
- La única comunidad declarada como ciudad.
- La única " " Ordenada en Cuadrantes.
- La única " " declarada tribal.

Oportunidades.

- Control + monitoreo con las universidades.
- Gasolina exonerada para los pescadores.
- Proyecto con el ICE para la construcción de arrecifes artificiales.
- Las ONG Extranjeras que apoyan en el desarrollo de jóvenes, niños, Adultos en conocer la diversidad marina.
- La cámara de comercio que trae capacitaciones + becas para los participantes.

Fortalezas

- 1- Tener el mejor Arresife de C.R y 3- a nivel mundial.
- 2- Sistema de gobernansa del P.N.C.
- 3- Buena estructu infraestructura turistica.
- 4- Comunidad comprometida con el P.N.C.
- 5- Seguridad.
- 6- Diversificación de servicios basicos.

Oportunidades

- 1- Facilidades de capacitación
- 2- Presencia de O.N.G.
- 3- Campañas de Promoción Turisticas.
- 4- Organización de actividades culturales. (Festivales)
- 5- Intercambio cultural.
- 6- Visitación turistica.

Debelidades



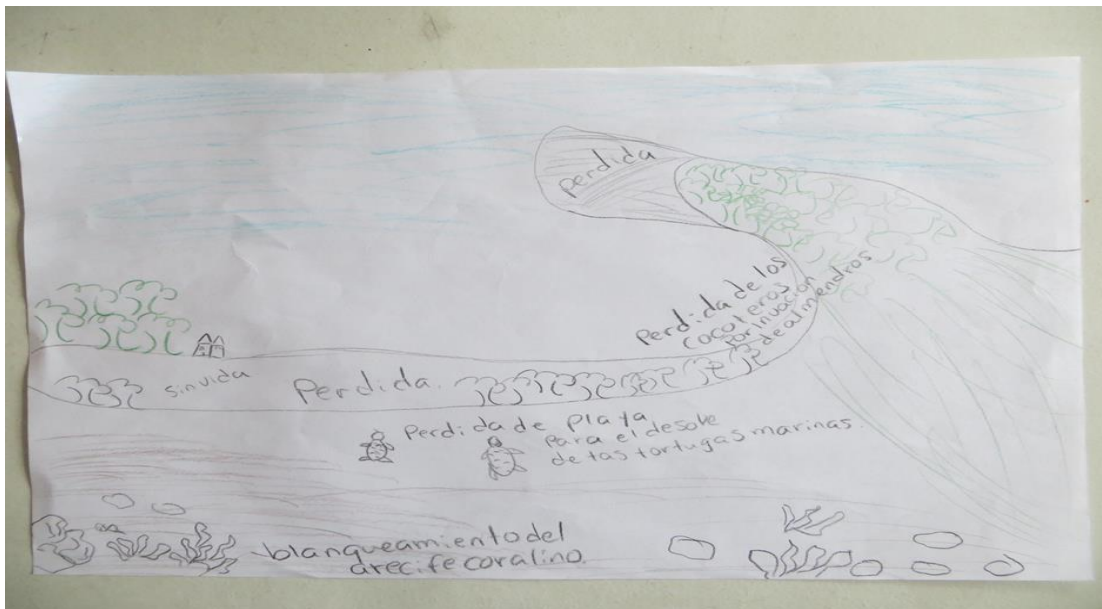
- 1- Abandono de gobierno central y gobierno local (municipalidad)
- 2- División de organizaciones locales.
- 3- Limitada promoción turistica.
- 4- Mal información al turista por parte de los medios de comunicación.

Amenazas

- 1- Cambio climatico
- 2- Bananeras
- 3- Deforestación.
- 4- Ganaderia.
- 5- Aculturización.

Anexo 6

Mapa participativo comunitario



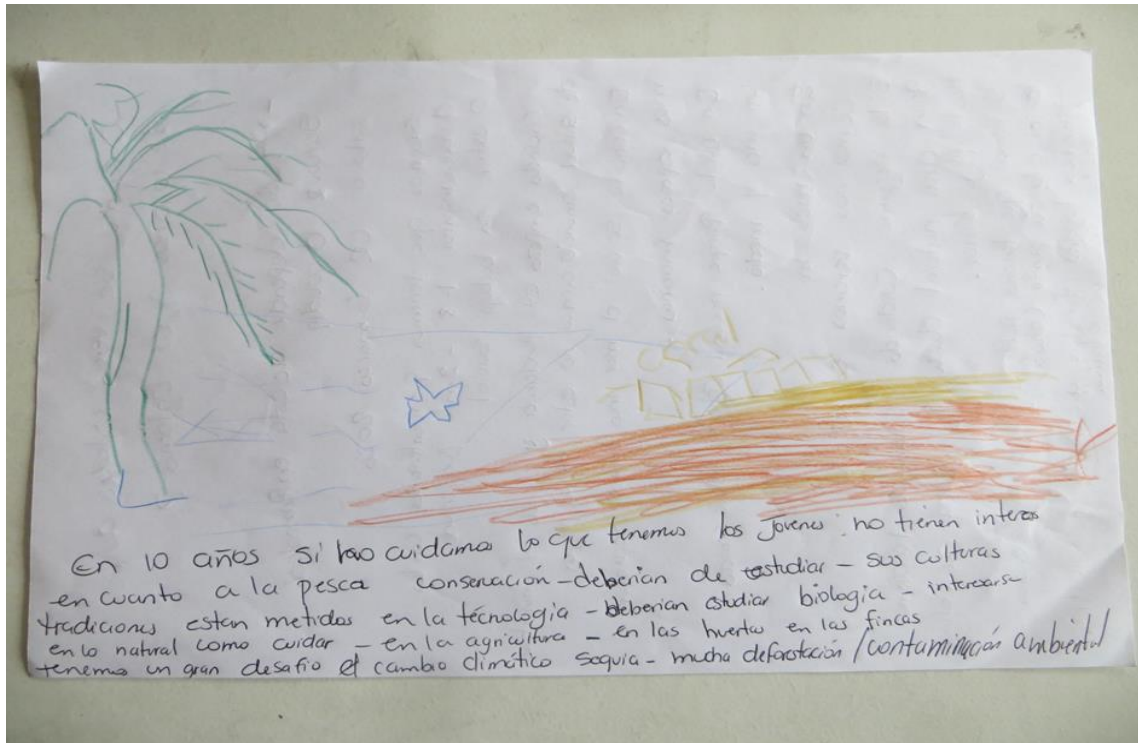


Que hacer para mejorar.

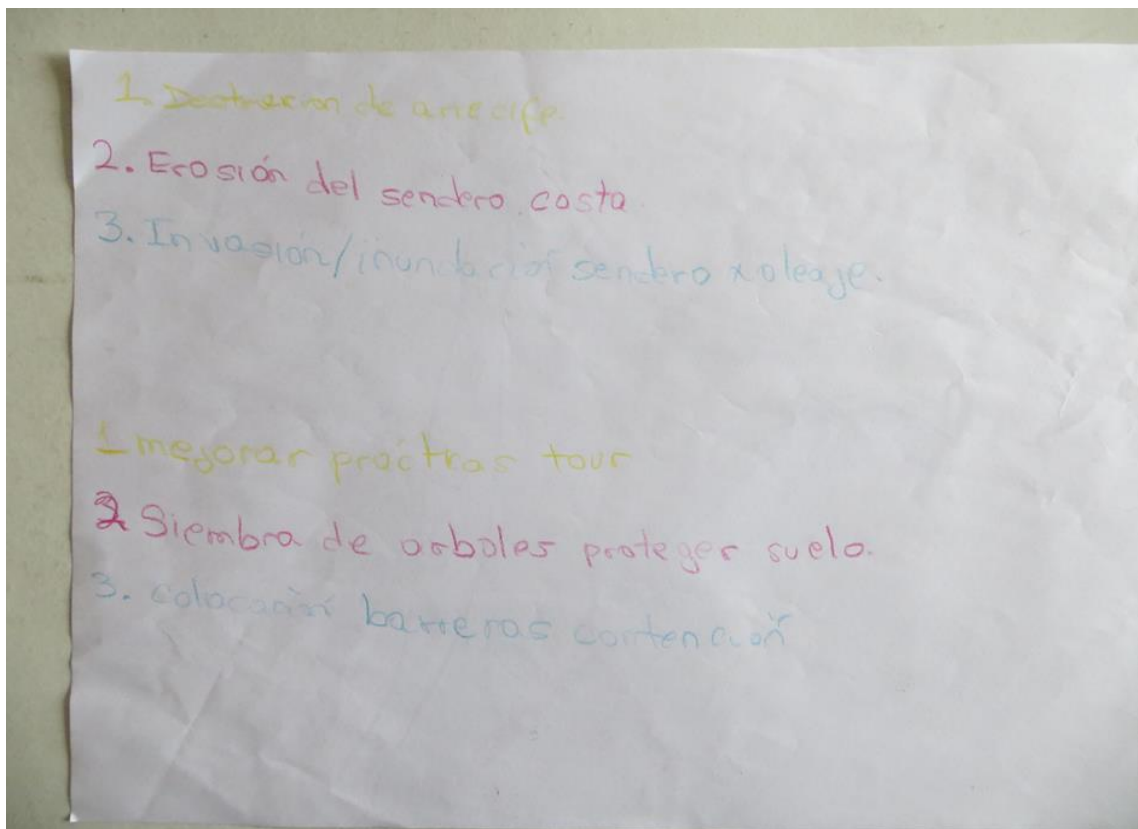
- Reforestar.
- Reciclar.
- Campañas de concientización
- Estudios.
- restauración de arrecifes artificiales.
-

Si el pueblo no cambia la vision sera un pueblo de gente muy mayor pocos Jovenes ya que no hay empleo y muchos no pueden seguir pescando ni las tradiciones

Tenemos que rescatar la cultura las tradiciones la juventud



En 10 años si nos cuidamos lo que tenemos los jóvenes no tienen interés en cuanto a la pesca conservación - deberían de estudiar - sus culturas tradiciones estén metidas en la tecnología - deberían estudiar biología - interesarse en lo natural como cuidar - en la agricultura - en las huertas en las fincas tenemos un gran desafío el cambio climático sequía - mucha deforestación / contaminación ambiental



1. Destrucción de arrecifes.

2. Erosión del sendero costa.

3. Invasión/inundación sendero x oleaje.

1. Mejorar prácticas tour

2. Siembra de orboles proteger suelo.

3. colocación barreras contención

¿ Como se verán ustedes dentro
de 10 años y su Entorno ?

-> Todo depende de esta enfermedad
Sarcov2 O covid19

Ento a CR 6 marzo 2020

Sabemos que tenemos que mantenernos con los
distanciamientos 1.8 - 2mts por persona
O estar en burbuja social

Cuando empezó esta pandemia y cuando el ministro
de salud anunció acerca no estar en las playas

En Cahuita se vio el mar mas limpio se vieron
mas especies marinas .

En nuestro Parque nacional Cahuita estuvo cerrado
un mes y medio .

~~En un mes~~

Como nos veremos en 10 años

Si la seguimos cuidando y conservando tendremos
gran area natural desde Playa grande de Cahuita
hasta playa blanca .

Sabemos que tenemos problemas grandes con la erosión
en el sector de punta Cahuita .

Tenemos lugares turísticos que aprovechar no solo el parque
nacional - Cahuita tiene atractivos