



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE MANABÍ

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES Y DE CONTAMINACIÓN
SOBRE LAS ESPECIES ÍCTICAS DE DOS ÁREAS DE CRIANZA DE
TIBURONES EN SANTA CRUZ-GALÁPAGOS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

ECOLOGÍA Y BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

ECOLOGÍA TRÓFICA

PREVIO AL TÍTULO DE

BIÓLOGA

AUTOR

KEILA ALEJANDRA SALTOS GALLARDO

TUTORA

EVELYN ARIAS CEDEÑO *M. Sc*

MANTA – MANABI – ECUADOR

MAYO 2025

Certificación

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Evelyn Arias Cedeño *M. Sc*

Directora del trabajo de titulación

CI: 0926578675

Aprobación del tribunal

El jurado examinador, aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Mgtr. Kruger Iván Loor Santana

Primer Lector

M. Cs. Gabriel Modesto Durán Cobo

Segundo Lector

M. Cs. Evelyn Virginia Arias Cedeño

Tercer Lector

Manta, enero del 2025

Declaración de originalidad

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Keila Alejandra Saltos Gallardo

CI: 2000117859

Teléfono: 093-937-7642

keilasaltos@hotmail.com

Declaración de derechos de autor y co-autoría

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Keila Alejandra Saltos Gallardo

CI: 2000117859

Dedicatoria

Este trabajo de investigación va dedicado a las personas más importantes en mi vida, mis padres Eddi Gonzalo Saltos Yépez y Sandra Elizabeth Gallardo Herrera, quienes me han brindado su apoyo y amor incondicional; a mi tutor de la Dirección del Parque Nacional Galápagos M.sc. Eduardo Espinoza y Blga. Lourdes Sierra por creer en mí, su dedicación y amor por la naturaleza son un ejemplo de lo que significa ser un verdadero guardián del océano. Parte de esto también va dedicado a mis amigos de la universidad que hicieron más ligero el camino y por compartir la pasión por la Biología. Cada uno de ustedes ha sido una inspiración y un pilar en esta etapa de mi vida. Además, a nuestra madre tierra por permitirme conocer sus maravillas e impulsar mi amor y pasión por la biología. A mí misma, por toda la dedicación, esfuerzo y la constancia impuesta durante estos años de mi carrera académica.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme culminar mi carrera de Biología, misma que me ha dejado infinidad de experiencias y enseñanzas. A mi papá Eddi Saltos, por creer en mí y todo el amor y apoyo que me ha brindado siempre, por su esfuerzo día a día, por brindarme lo mejor y enseñarme como ser mejor persona. A mi mamá Sandra Gallardo por ser mi confidente, mi apoyo, por estar presente y por formar parte importante de la persona que soy. A mis amigos que la universidad me regaló, gracias por las experiencias y recuerdos vividos, por cada una de las enseñanzas que llevaré conmigo para toda la vida. A mis maestros M. Sc. Evelyn Cedeño, M. Sc. Francisco Pozo, M. Sc. Gabriel Durán, M. Sc. Kruger Loor, M. Sc. Juan Carlos Murillo y Dr. Eduardo Barahona por compartir sus aprendizajes y experiencias que ayudaron a formarme durante estos años en mi carrera universitaria. Además, agradecer a las personas que contribuyeron con el avance de esta investigación: mi tutora de tesis Sc. Evelyn Arias Cedeño, M. Sc. Gabriel Durán, M. Sc. Francisco Pozo. También expreso mi más sincero agradecimiento al Parque Nacional Galápagos (PNG) por otorgarme los permisos necesarios para la realización de las actividades de campo y garantizar que cada paso de este estudio se realizara bajo estrictas normas de conservación. Agradezco a M. Sc. Eduardo Espinoza y Blga. Lourdes Sierra, a los guardaparques y al personal técnico que brindaron apoyo logístico durante las salidas de campo, cuya experiencia fue invaluable para el desarrollo de este proyecto. Su compromiso con la protección de los ecosistemas de Galápagos ha sido una inspiración constante a lo largo de este trabajo. Por último, agradecerme a mí misma, por haber confiado en mis decisiones y ahora titularme de la carrera con la que siempre estuve apasionada.

Resumen

La influencia de factores antropogénicos, entre ellos la contaminación, juega un papel clave en la reducción de las poblaciones de peces. Sin embargo, los estudios sobre estos impactos en el Archipiélago de Colón (Galápagos - Ecuador), donde el crecimiento de la población humana sigue aumentando, son limitados. Esta investigación evaluó el impacto de variables ambientales y la presencia de basura sobre la estructura comunitaria de peces en dos áreas de crianza: Caleta Tortuga Negra y bahía Academia, en la isla Santa Cruz. Para ello, se emplearon métodos de monitoreo ambiental y se analizaron datos recolectados entre marzo y octubre de 2023 mediante estaciones BRUVS. Se identificaron 164 organismos pertenecientes a clases, 21 familias y 29 géneros. La riqueza de especies fue mayor en bahía Academia, con 31 especies registradas, mientras que, en Caleta Tortuga Negra, se identificaron 16 especies. Los análisis de ordenación (NMDS y ANOSIM) evidenciaron diferencias significativas en la composición de especies de ambas áreas, por otra parte, el tiburón de puntas negras *Carcharhinus limbatus* se reporta como especie dominante en ambos sitios. Además, el análisis de redundancia basado en la distancia (db-RDA) mostró que la turbidez y presencia de basura afectan la abundancia y distribución de especies clave como el mero pintado *Epinephelus labriformis* y el pargo prieto *Lutjanus novemfasciatus*. Los resultados subrayan la importancia de monitoreo continuo de estos factores para la conservación de las áreas de crianza de tiburones, que desempeñan un rol esencial en la biodiversidad marina del archipiélago.

Palabras clave: BRUVS, diversidad íctica, factores ambientales y antropogénicos, Archipiélago de Colón

Abstract

The influence of anthropogenic factors, including pollution, plays a key role in the reduction of fish populations. However, studies on these impacts in the Colón Archipelago (Galápagos - Ecuador), where the human population continues to grow, are limited. This research evaluated the impact of environmental variables and the presence of litter on the community structure of fish in two nursery areas: Caleta Tortuga Negra and Academia Bay, on Santa Cruz Island. For this, environmental monitoring methods were used, and data collected between March and October 2023 through BRUVS stations were analyzed. A total of 164 organisms belonging to classes, 21 families, and 29 genera were identified. Species richness was higher in Academia Bay, with 31 species recorded, while 16 species were identified in Caleta Tortuga Negra. Ordination analyses (NMDS and ANOSIM) showed significant differences in species composition between the two areas. Additionally, the blacktip shark *Carcharhinus limbatus* was reported as the dominant species at both sites. Furthermore, distance-based redundancy analysis (dbRDA) showed that turbidity and the presence of litter affect the abundance and distribution of key species such as the flag cabrilla *Epinephelus labriformis* and the Pacific dog snapper *Lutjanus novemfasciatus*. The results underscore the importance of continuous monitoring of these factors for the conservation of shark nursery areas, which play an essential role in the marine biodiversity of the archipelago.

Keywords: BRUVS, fish diversity, environmental and anthropogenic factors, Colón Archipelago.

Tabla de Contenido

Introducción	13
Metodología	16
Área de Estudio	16
Descripción de los BRUVS y sus Muestreos	18
Análisis en el Software e Identificación de Especies	19
Cuantificación de Especies.....	19
Evaluación de la Relación de Factores Ambientales y de Contaminación de Basura sobre las Especies Ícticas	20
<i>Monitoreo de Factores Ambientales</i>	20
<i>Monitoreo de Factores de Contaminación de Basura</i>	21
Análisis Estadístico	21
Resultados	22
Evaluar la Riqueza de Especies en las Áreas de Estudio	22
Análisis de la Composición y Diversidad de Especies	24
Relaciones entre Variables Ambientales y la Estructura de las Comunidades de Peces	26
Discusión.....	30
Riqueza y Diversidad de Especies	30
Relaciones entre las Variables Ambientales y la Estructura de las Comunidades de Peces	33
Implicaciones para la Conservación y Manejo	36
Limitaciones del Estudio	37
Conclusión	39
Bibliografía	40

Índice de Tablas

Tabla 1. Riqueza de especies en la Bahía Academia.....	24
Tabla 2. Riqueza de especies en Caleta Tortuga Negra.....	24

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de las islas Galápagos destacando la Isla Santa cruz y la ubicación de los sitios de muestreo: Bahía Academia y Caleta Tortuga Negra	16
Figura 2. Instalación de BRUVS: A. Introducción de cebo en las jaulas; B. Instalación de los equipos en el mar; C. Instalación y control del BRUVS en la profundidad investigada y D. Vista de la toma de la GoPro.....	18
Figura 3. Medición de la turbidez con el Disco Sechii.....	20
Figura 4. Curva de acumulación de especies por sitio de estudio	22
Figura 5. Curva de rango-abundancia para el conjunto de datos de especies registradas por los BRUVS.....	25
Figura 6. Ordenación NMDS de las especies en los sitios Bahía Academia y Caleta Tortuga Negra.....	26
Figura 7. Representación gráfica del análisis de correlación de Pearson. Las correlaciones positivas se muestran en azul y las negativas en rojo. La intensidad del color y el tamaño del círculo son proporcionales a los coeficientes de correlación.	27
Figura 8. Análisis db-RDA de las abundancias de las especies en relación con las variables ambientales y antropogénicas. La longitud y dirección de los vectores (flechas) representan la importancia y el efecto de la variable en la gráfica de ordenación.....	29

Introducción

Las áreas de crianza son esenciales para la reproducción y protección de las especies ictiológicas (Espinoza et al., 2021). Estos hábitats costeros productivos, como bahías, manglares y estuarios, proporcionan refugio y recursos para los juveniles de peces (Chiriboga, 2018). Se sabe que la escasa profundidad de estas zonas facilita las migraciones y protege a los juveniles de la depredación (Janing, 2010). Sin embargo, estos hábitats están siendo degradados y reducidos debido a la sobrepesca, la contaminación y el desarrollo costero, lo que resulta en una disminución de las poblaciones de peces (Kohler et al., 2023), dado que el 50% de la población mundial de peces habitan a 100 kilómetros de las costas (Denkinger et al., 2015). Entre los factores de alteración, la contaminación por plásticos y otros desechos sólidos representa una de las amenazas más graves, ya que los materiales plásticos, al ser depositados en el ambiente acuático, se convierten en contaminantes persistentes (Cole et al., 2011). Muchos peces ingieren estos desechos, lo que afecta su desarrollo y crecimiento, al no poder procesarlos adecuadamente (Rosas, 2023). Otros factores que afectan son las variaciones anormales de las condiciones ambientales, como es el caso del cambio climático. Estas alteraciones pueden afectar los patrones de reproducción, el crecimiento y la distribución de las especies, comprometiendo aún más la funcionalidad de las áreas de crianza y, en consecuencia, la sostenibilidad de las poblaciones de peces.

Por su parte, factores naturales como las fases lunares y la turbidez del agua también desempeñan un papel importante en la dinámica de las especies marinas, regulando aspectos clave como la distribución y la actividad de los organismos. La turbidez, puede modificar la calidad y la hidrodinámica de las aguas, afectando la visibilidad y las interacciones entre depredadores y presas (Capetillo et al., 2022). Además, el cambio climático ha generado un incremento en la temperatura de los océanos, lo que altera la fenología, fisiología y comportamiento de las especies, provocando cambios en su distribución geográfica (Gomez

et al., 2021; Jiménez, 2023). Este aumento de temperatura, que actúa como un factor de estrés letal, puede interactuar con otros factores ambientales como la turbidez, exacerbando sus efectos sobre las comunidades marinas (Gómez, 2023). Estas variables son especialmente relevantes en las áreas de crianza, donde las condiciones ambientales específicas son fundamentales para la supervivencia y el desarrollo de los juveniles (Chiriboga, 2018). Por ello, su consideración en los estudios sobre estas zonas resulta crucial para entender mejor las dinámicas ecológicas y diseñar estrategias de conservación efectivas.

Se han realizado diversas revisiones sobre el valor ecológico de las áreas de crianza, sin embargo aún existe un vacío importante en la información relacionada con estas áreas en zonas tropicales cercanas a la costa, especialmente en contextos específicos como las Islas Galápagos (Alemu, 2014). A nivel global, estudios recientes han utilizado técnicas avanzadas como el Sistema de Video Submarino Remoto con Carnada (BRUVS) para caracterizar ecosistemas marinos. Este método no invasivo ha demostrado ser efectivo para evaluar la biodiversidad sin generar perturbaciones significativas (Trobiani et al., 2021). Por ejemplo, Harvey et al. (2002) identificaron 91 especies de 32 familias con BRUVS en comparación con solo 30 especies de 15 familias detectadas con trampas comerciales en Australia. Arenales et al. (2016) aplicaron la misma técnica en la Bahía de Amatique, registrando 1,031 organismos de 24 familias y 68 especies. De manera similar, Polanco et al. (2021) realizaron un monitoreo en el Mar Caribe de Guatemala, donde contabilizaron 778 organismos, destacando a *Scarus spp.* (19.76%) como la especie más abundante. Este estudio coincide en que las áreas monitoreadas enfrentan presiones significativas debido a la sobrepesca, la contaminación y el desarrollo costero, lo que afecta tanto la abundancia como la riqueza de especies, elementos que este estudio también considera en relación con las áreas de crianza seleccionadas.

En Ecuador, los estudios sobre áreas de crianza de tiburones juveniles han estado centrados en las Islas Galápagos (Chiriboga, 2018; Chiriboga et al., 2022). Desde 2009, la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) ha realizado monitoreos en la isla San Cristóbal, donde se han identificado áreas críticas como Caleta Tortuga Negra y Bahía Academia para los tiburones neonatos y juveniles (Llerena et al., 2011). De manera similar, estudios en otras regiones han demostrado que variables como la profundidad, la salinidad y la presión antropogénica pueden influir significativamente en la funcionalidad de las áreas de crianza. Por ejemplo, en zonas tropicales del Caribe, la calidad del hábitat y la intensidad de pesca han sido identificadas como factores clave en la abundancia de tiburones juveniles (Andradi et al., 2016). Sin embargo, a pesar de la importancia de estas zonas, persiste una significativa falta de información sobre la diversidad y abundancia de especies en estas áreas de crianza. La escasez de datos detallados sobre las comunidades biológicas que habitan en estos sitios clave limita nuestra comprensión de los procesos ecológicos y los posibles impactos de factores ambientales y antropogénicos sobre estas zonas.

Dado este vacío de conocimiento, es fundamental investigar cómo las variables ambientales, como la temperatura, la turbidez y la contaminación, afectan la estructura de las comunidades de peces en Caleta Tortuga Negra y bahía Academia. Este estudio tiene como objetivo evaluar la influencia de estos factores sobre la estructura comunitaria de peces en ambas áreas de crianza de tiburones en Santa Cruz, Galápagos, utilizando herramientas como el Sistema de Video Submarino Remoto con Carnada (BRUVS). Se plantea la hipótesis de que la bahía Academia presenta una riqueza ictiológica significativamente menos que la de Caleta Tortuga Negra debido a una mayor actividad turística. Además, se espera que los parámetros ambientales de ambas áreas presenten correlaciones significativas con la riqueza ictiológica. La información generada contribuirá al manejo y conservación de estos hábitats cruciales, fundamentales para la salud ecológica de la región.

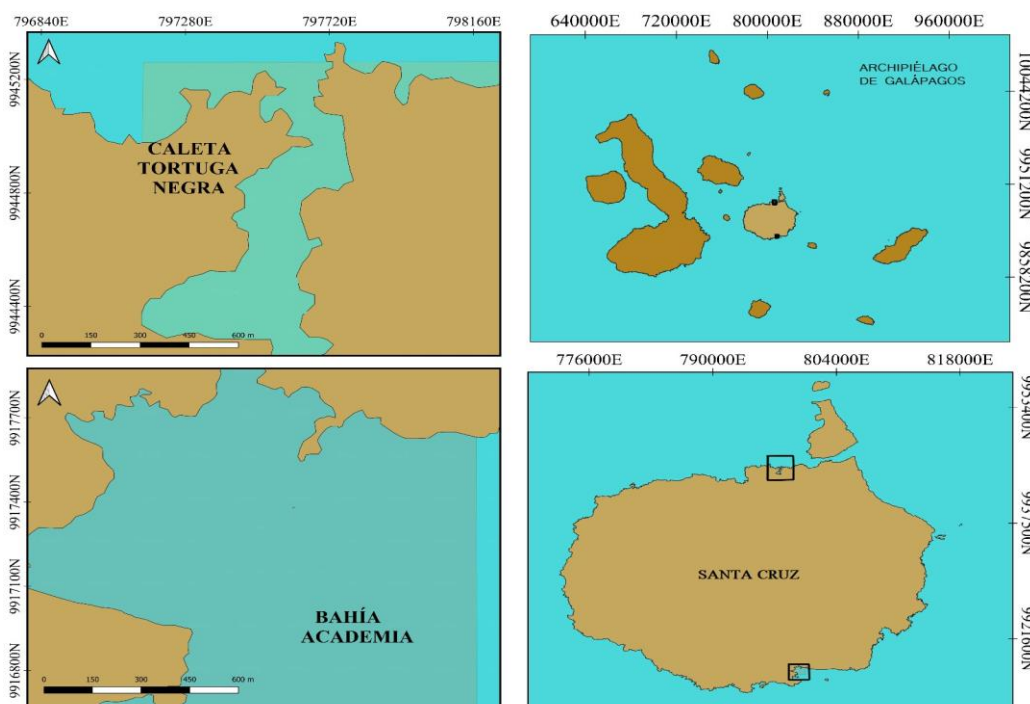
Metodología

Área de Estudio

El presente proyecto se desarrolló en aguas costeras de la Bahías Caleta Tortuga Negra y la bahía Academia, de la Isla Santa Cruz, Archipiélago de las Galápagos (figura 1), ubicado en el Océano Pacífico Tropical Oriental (OPTO) a 972 km de la costa del Ecuador continental (Izurieta, 2014). Estas áreas se caracterizan por dos diferentes temporadas, influenciadas por la presencia de distintas corrientes oceánicas que convergen en la plataforma de las Galápagos. De junio a noviembre encontramos la estación seca y fresca que es provocada por la Corriente fría de Humboldt; Y la estación lluviosa y cálida pertenece a los meses de diciembre a mayo causada por la Corriente cálida de Panamá (Houvenaghel, 1984).

Figura 1.

Mapa de las islas Galápagos destacando la Isla Santa cruz y la ubicación de los sitios de muestreo: bahía Academia y Caleta Tortuga Negra



El estudio se llevó a cabo en el mes de marzo a octubre de 2023, según Arcos et al. (2021), durante la temporada cálida (enero – mayo), en dos áreas de crianza de tiburones juveniles establecidas en la isla Santa Cruz, específicamente en Caleta Tortuga Negra y bahía Academia. Las dos áreas de estudio están dentro de la Dirección del Parque Nacional Galápagos, una reserva natural que abarca una gran parte del archipiélago y que es gestionada con el objetivo de preservar su biodiversidad y ecosistemas frágiles.

Caleta Tortuga Negra (CTN) está ubicada al noroeste de la isla (90° 19.59' O, 0° 27.52' S Long. Occ.) con un rango de profundidad entre 3 -5 m, pertenece a la categoría de manejo (natural equipado), el tipo de sitio (marino) de las costas o litorales, se considera una bahía formada hacia el interior de la isla, donde las aguas marinas favorecen el crecimiento de manglares tales como el mangle rojo *Rizophora mangle L.* y el mangle blanco *Laguncularia racemosa L* y a su vez, es una zona de alimento y refugio para las especies marinas como por ejemplo tiburón punta negra *Carcharhinus limbatus*, el tiburón martillo *Sphyrna lewini* y especies de valor comercial como salmonete *Parupeneus cyclostomus*, pargo *Lutjanus viridis*, mojarra *Diapterus peruvianus*, lisa *Mugil galapagensis* y el mero de aleta vela *Mycteroperca olfax* de esta región (Moity et al., 2019). Este sitio de visita turística permite únicamente el uso de panga ride como embarcación para actividades marinas Este es uno de los sitios para uso público de la red de sitios ecoturísticos marinos de la DPNG, está prohibida el ingreso y salida de la laguna con motor y el sitio de visita no implica contacto con tierra, esto se debe a los impactos ambientales y antrópicos comunes que pudieran darse en los sitios marinos (Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2020).

Bahía Academia (BA) se encuentra ubicada al sur (00°44.61' Lat. S. y 89°18.29' Long. Occ.), con un rango de profundidad máxima de 5 m. Se encuentra en el centro poblado de Puerto Ayora, está bordeada de manglares y con fondo arenoso-rocoso de comunidades de coral poco profundas (INOCAR, 2023). Esta zona registra aproximadamente al mes 1.309

embarcaciones que realizan actividades tales como tour por la bahía, pesca vivencial y cabotaje, taxi, y actividades recreativas como kayak, apnea y vela (INOCAR, 2021). Se considera a esta una zona con alta influencia de factores antrópicos.

Descripción de los BRUVS y sus Muestreos

Los BRUVS (Figura 2), son dispositivos compuestos por una estructura metálica que conlleva dos cámaras portátiles con algún tipo de carnada con cebo fijo frente a las cámaras (Langlois et al., 2020). Para este estudio se utilizaron dos cámaras portátiles GoPro Hero 7 Black Edition, ubicadas en el centro de la estructura dirigido hacia las dos jaulas que contienen la carnada. La carnada seleccionada en el monitoreo fue variada como el atún de aleta amarilla *Thunnus albacares*, el brujo rojo *Pontinus clemensi* y la lisa *Mugil galapagensis* que sirve de cebo para llamar la atención de los peces del área.

Figura 2.

Instalación de BRUVS: A. Introducción de cebo en las jaulas; B. Instalación de los equipos en el mar; C. Instalación y control del BRUVS en la profundidad investigada y D. Vista de la toma de la GoPro



Como se observa en la Figura 2, cada BRUVS estuvo sujeto a una boya, facilitando su ubicación desde la superficie. El tiempo total de grabación de cada cámara se configuró a 90 minutos con un formato 1080p a 24 FPS. En cada sitio de muestreo se tomó el tiempo de inicio y final, profundidad del agua y coordenadas geográficas. En cuanto a los lances de BRUVS, se realizaron un total de 16, todos ellos efectuados en áreas costeras durante el mes de mayo. Cada réplica se elaboró en el mismo día y se tuvo en cuenta el estado de la marea para asegurar condiciones óptimas de muestro. Una vez terminada los 90 minutos de grabación, se procedió inmediatamente a recoger la estructura en el sitio ubicado (Polanco et al., 2021). Los muestreos se efectuaron diariamente, asegurando la recopilación de datos de forma uniforme para las observaciones de especies, los factores ambientales y los niveles de contaminación.

Análisis en el Software e Identificación de Especies

El análisis fue realizado por medio de la observación de los videos, con el software *VLC media player*. A partir de los 3 minutos de estar sumergido el BRUVS e instalado correctamente en el suelo, se procedió a observar a las especies y se identificaron hasta el menor taxón posible, mediante la guía de identificación de peces de Galápagos (Grove & Lavenberg, 1997). Finalmente, se registró para cada especie su nombre científico y nombre común en una hoja electrónica de Excel.

Cuantificación de Especies

Se registró el número de especies observadas utilizando una hoja electrónica de Excel, con la finalidad de calcular la riqueza de especies en cada punto de muestreo.

Evaluación de la Relación de Factores Ambientales y de Contaminación de Basura sobre las Especies Ícticas

Monitoreo de Factores Ambientales

Previo a las salidas de campo se revisaron los datos del estado de la marea, la fase lunar y la presencia o ausencia de agujajes en la página del Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador (INOCAR, 2023). Las salidas de campo se realizaron con mareas entre 1,5 m a 1,99 m de altura, y la fase lunar se clasificó de acuerdo con sus estados: en cuarto creciente, cuarto menguante y luna llena. La medición de la turbidez se realizó por medio de un disco *Secchi* en ambas áreas estudiadas. El disco *Secchi* fue atado con una cuerda marcada por cada metro y se utilizó una cinta métrica graduada a centímetros para la precisión de la medición. Finalmente fueron registrados en una tabla de Excel para evaluar la relación de la visibilidad sobre la riqueza de especies ictiológicas en las dos áreas de cría (Figura 3).

Figura 3.

Medición de la turbidez con el Disco Secchi



Monitoreo de Factores de Contaminación de Basura

Durante cada salida de campo se realizó un registro del número de frecuencia de embarcaciones por medio del método de observación directa durante 90 minutos, desde que los BRUVS fueron instalados en el agua. Además, se registraron en una tabla Excel otros factores antrópicos como la presencia de basura (registrada por unidad e identificación de cada tipo) y la presencia de embarcaciones. De esta forma, se identificó la correlación de las actividades antrópicas con la riqueza de especies ícticas presentes en ambas áreas.

Análisis Estadístico

La composición de la comunidad de peces y los patrones de diversidad de peces presentes en los sitios de estudio se evaluaron mediante los análisis descritos a continuación: 1) se generaron curvas de acumulación de especies para describir la riqueza de especies en relación al esfuerzo de muestreo utilizando la función “accumresult” del paquete “BiodiversityR”; 2) La riqueza de especies esperada se calculó con los estimadores de Chao, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap empleando la función “poolaccum” con 999 permutaciones aleatorias de los datos (paquete “BiodiversityR”; (Kindt & Coe, 2005); 3) se empleó un análisis de Escalamiento Multidimensional no paramétrico (NMDS, por sus siglas en inglés), un análisis de redundancia basado en la distancia (db-RDA, por sus siglas en inglés) y una matriz de distancia de Bray-Curtis aplicando la función “capscale” del paquete “vegan” (de acuerdo con Okansen et al., 2008) para evaluar las relaciones de la comunidad y las variables ambientales; y 5) Se efectuó previamente un análisis de correlación de Pearson (Shrestha, 2020) para minimizar la colinealidad (no independencia) entre las variables ambientales y antropogénicas que pueda conducir a una identificación errónea de los predictores relevantes en el análisis. Los análisis estadísticos se realizaron con el software computacional R (R Core Team, 2023).

Resultados

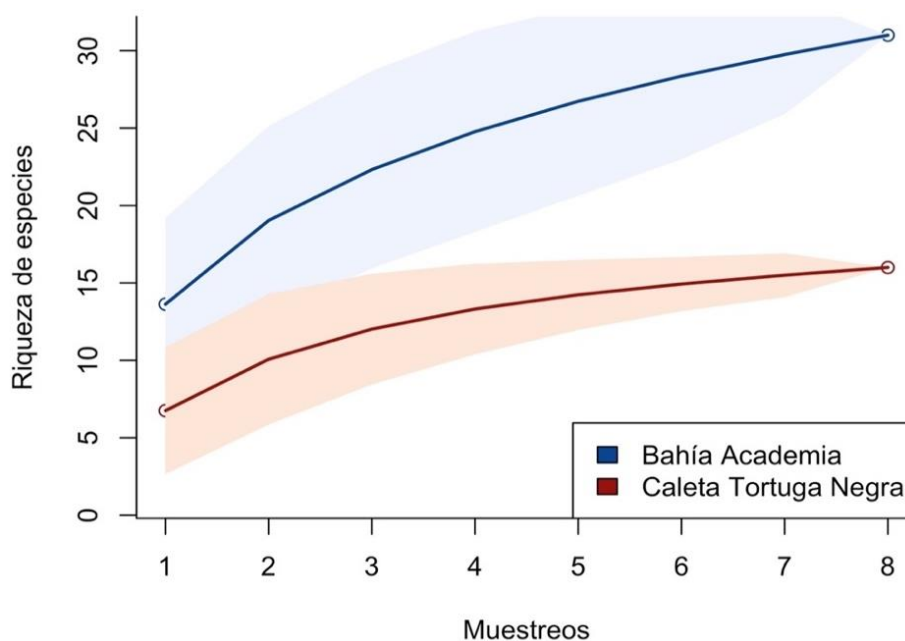
Evaluar la Riqueza de Especies en las Áreas de Estudio

Se contabilizaron 164 organismos correspondientes a tres clases, 21 familias y 29 géneros de peces. Las especies más abundantes en bahía Academia fueron fueron: *Abudefduf troschelii*, *Sphoeroides annulatus*, *Archosargus pourtalesi*, *C. limbatus* y *Haemulon scuderii*, mientras en Caleta Tortuga Negra fueron: *C. limbatus*, *Eucinostomus dowii*, *S. annulatus* y *C. albimarginatus*.

La Figura 4 muestra las curvas de acumulación de especies para los sitios de bahía Academia y Caleta Tortuga Negra. Estas curvas indican el aumento de la riqueza de especies observada en función del esfuerzo de muestreo. En ambos sitios, las curvas no muestran una asíntota definida, lo que indica que, con un mayor esfuerzo podrían identificarse más especies.

Figura 4.

Curva de acumulación de especies por sitio de estudio



En las Tablas 1 y 2 se presentan los datos observados y esperados para cada sitio acerca de la riqueza de especies, calculada con los estimadores de Chao, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap. En bahía Academia, se observa una tendencia creciente en la riqueza de especies conforme se realizan más muestreos, pasando de 22 especies observadas en el tercer muestreo a 31 especies en el octavo muestreo (Tabla 1). Los estimadores (Chao, Jackknife 1, Jackknife 2, y Bootstrap) sugieren que el número total de especies presentes en Bahía Academia es más alto de lo observado. El estimador Chao predice una riqueza cercana a 42 especies en el último muestreo. Los estimadores Jackknife 1 y Jackknife 2 proyectan hasta 44.67 especies, lo cual está cerca del valor más alto entre los estimadores. El estimador Bootstrap, que suele ser más conservador, sugiere una riqueza esperada de 34.95 especies. Esto indica que, aunque el número de especies observadas está aumentando (31 especies observadas en el octavo muestreo), es probable que aún haya algunas especies por detectar en bahía Academia, ya que los estimadores sugieren una riqueza de entre 34 y 44 especies. La zona sombreada en el gráfico refleja la variabilidad en la estimación de la riqueza con base en la observación y estos modelos predictivos.

En Caleta Tortuga Negra la riqueza de especies en este sitio es menor, con solo 12 especies observadas en el tercer muestreo, incrementándose a 16 especies en el octavo muestreo (Tabla 2). Los estimadores también indican que hay algunas especies adicionales que aún podrían no haber sido detectadas. El estimador Chao proyecta hasta 19.50 especies. Jackknife 1 y Jackknife 2 sugieren hasta 21.21 especies. Bootstrap es nuevamente el estimador más conservador, con una proyección de 17.65 especies. Estos resultados muestran que la Caleta Tortuga Negra tiene una riqueza de especies más baja en comparación con Bahía Academia. Sin embargo, al igual que en bahía Academia, hay una posibilidad de que algunas especies no hayan sido detectadas, ya que los estimadores predicen entre 17 y 21 especies.

Tabla 1.

Riqueza de especies en la bahía Academia. La letra "N" representa el esfuerzo de muestreo

N	Riqueza Observada (S)	Riqueza observada			
		Chao	Jackknife 1	Jackknife 2	Bootstrap
3	22	28.87	28.86	31.07	25.45
4	24	35.53	31.92	35.06	28.08
5	26	37.55	34.42	38.08	30.24
6	28	37.99	36.48	40.30	32.11
7	29	39.13	38.08	42.14	33.58
8	31	41.93	39.75	44.67	34.95

Tabla 2.

Riqueza de especies en la Caleta Tortuga Negra. La letra "N" representa el esfuerzo de muestreo

N	Riqueza observada (S)	Riqueza observada			
		Chao	Jackknife 1	Jackknife 2	Bootstrap
3	12	15.90	15.92	17.19	13.90
4	13	16.51	17.16	18.38	15.20
5	14	17.34	17.90	18.95	16.06
6	14	18.40	18.36	19.31	16.65
7	15	19.55	18.95	20.26	17.20
8	16	19.50	19.50	21.21	17.65

Análisis de la Composición y Diversidad de Especies

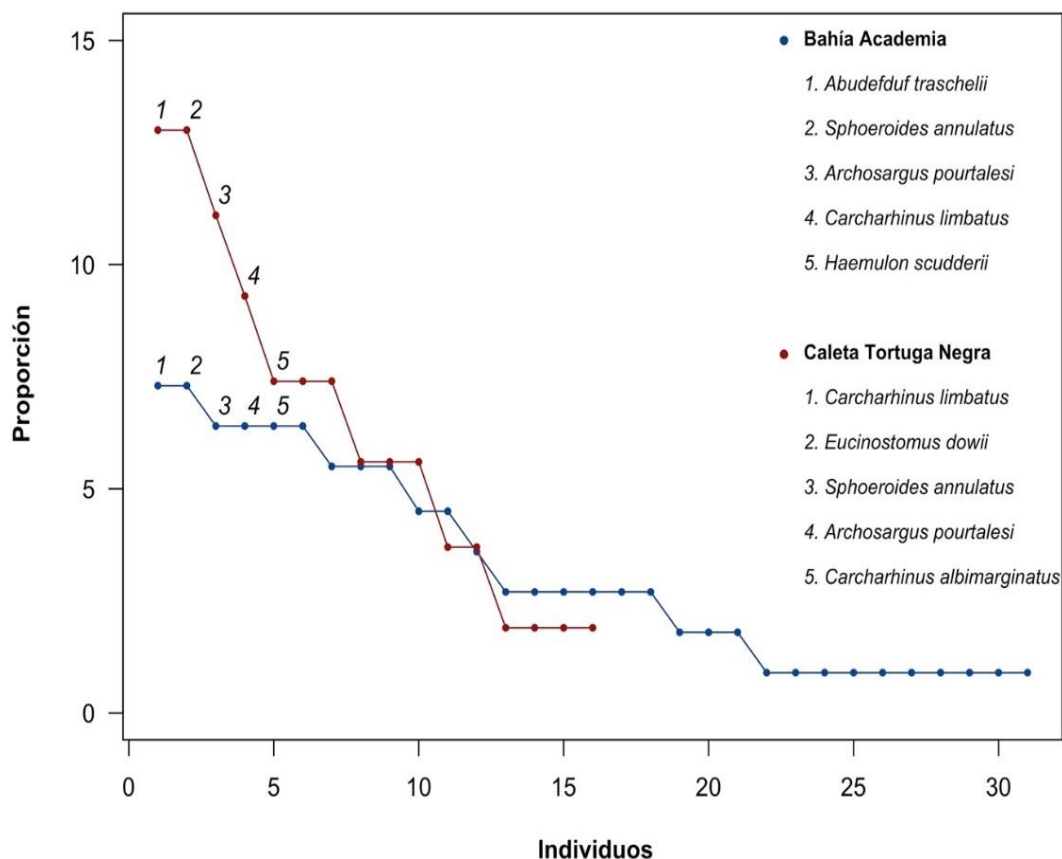
La figura 5 muestra la proporción de individuos por sitio. En este gráfico de proporción de individuos por especie en dos sitios diferentes (bahía Academia y Caleta Tortuga Negra), se observa que *C. limbatus* es la especie dominante en ambos sitios, lo cual sugiere que este tiburón es una especie clave en ambas comunidades. Sin embargo, se notan diferencias en las siguientes especies en cuanto a su abundancia relativa.

Bahía Academia tiene una mayor diversidad de especies representadas principalmente por *A. troscheli* liderando, seguido de *S. annulatus*, *A. pourtalesi*, y *H. scudderii*. En

contraste, Caleta Tortuga Negra presenta también a *C. limbatus* como la especie más abundante, pero seguida por *E. dowii*, *S. annulatus*, *A. pourtalesi*, y *C. albimarginatus*.

Figura 5.

Curva de rango-abundancia para el conjunto de datos de especies registradas por los BRUVS

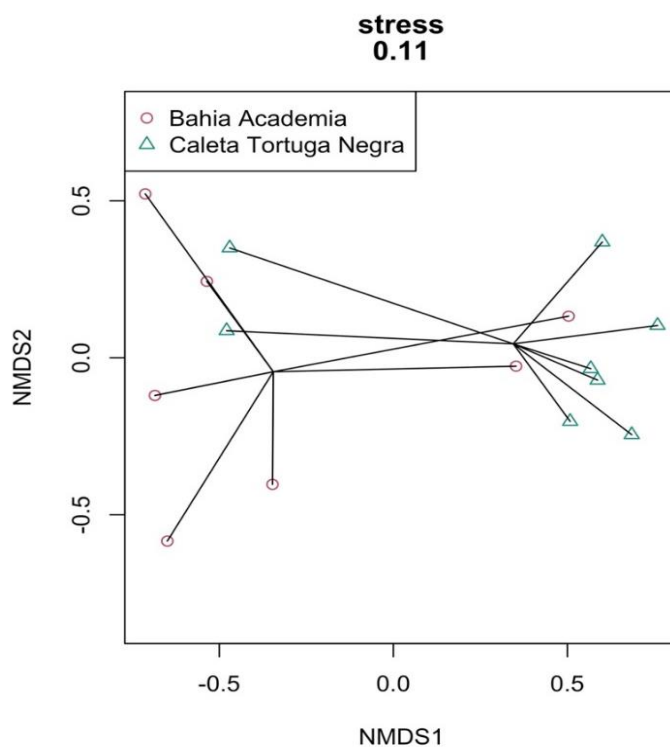


El análisis NMDS (Figura 6) revela diferencias significativas en la composición de especies entre Bahía Academia y Caleta Tortuga Negra. El estadístico de ANOSIM mostró un valor de $R = 0.2676$ ($p = 0.019$), lo que indica una diferenciación significativa entre las comunidades de los dos sitios. La diferencia en la dispersión de los puntos podría estar indicando variaciones en las condiciones ambientales o presiones antropogénicas que influyen en las especies presentes en cada sitio. Aunque algunas especies, como *S. lewini*, se observaron en ambos lugares, la composición comunitaria general varió considerablemente.

El valor de stress de 0.11 indica una buena representación de los datos en el espacio de dos dimensiones, lo que significa que este análisis captura adecuadamente las diferencias en las comunidades entre los dos sitios.

Figura 6.

Ordenación NMDS de las especies en los sitios bahía Academia y Caleta Tortuga Negra

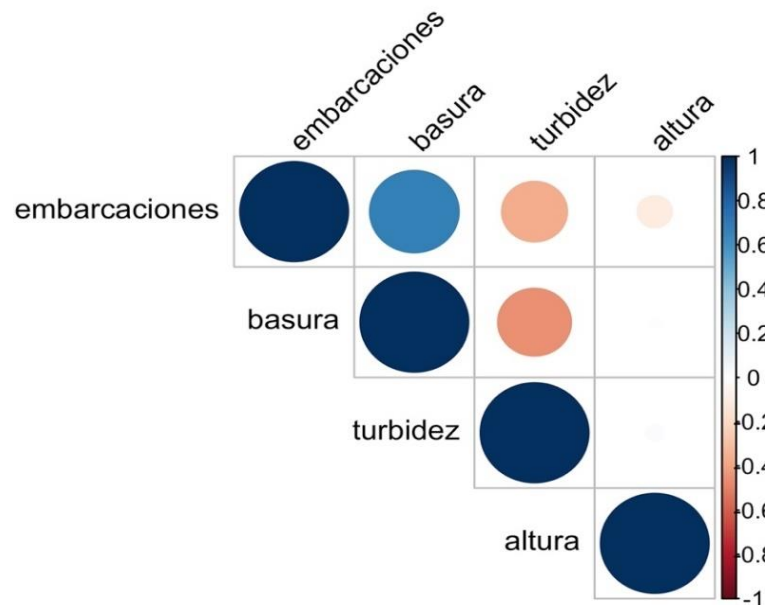


Relaciones entre Variables Ambientales y la Estructura de las Comunidades de Peces

El análisis de correlación de Pearson entre las variables ambientales y antropogénicas mostró correlaciones débiles entre las variables evaluadas (Figura 7).

Figura 7.

Representación gráfica del análisis de correlación de Pearson. Las correlaciones positivas se muestran en azul y las negativas en rojo. La intensidad del color y el tamaño del círculo son proporcionales a los coeficientes de correlación



Esto indica que no existe colinealidad significativa que requiera la eliminación de alguna variable del análisis db-RDA.

El db-RDA (Figura 8) valuó la influencia de variables ambientales y antropogénicas, incluyendo la altura de marea, un factor clave en la dinámica de los ecosistemas costeros, junto con la turbidez, el número de embarcaciones y la presencia de basura sobre la estructura comunitaria. En este caso, los ejes canónicos (CAP) son generados a partir de la varianza explicada por las variables ambientales. Cabe señalar que las variables no fueron estandarizadas antes de ser incluidas en el análisis, lo que podría haber influido en los resultados debido a las diferentes escalas y unidades de medida de las variables. El CAP1, el primer eje canónico, captura el 25.32% de la varianza total, seguido por el CAP2 con un 5.91%. Esto significa que los dos primeros ejes capturan aproximadamente el 31% de la

varianza total en la comunidad explicada por las variables ambientales, lo que nos ofrece una representación visual adecuada de cómo las especies se distribuyen en función de estas variables. Además, los ejes principales (PCA) generados a partir de la varianza no explicada proporcionan una comprensión de la estructura de la comunidad más allá de lo que las variables ambientales pueden explicar. En este caso, el primer eje no restringido (MDS1) captura el 21.59% de la varianza no explicada, seguido por el MDS2, que captura el 11.51%. Estos ejes son útiles para identificar patrones de variación en la comunidad que no están directamente relacionados con las variables seleccionadas.

El gráfico de los ejes CAP1 y CAP2 (Figura 8) ilustra cómo las diferentes especies se agrupan o dispersan en función de la influencia de las variables ambientales. Las puntuaciones de las especies indican la dirección en la que aumenta su abundancia, permitiendo identificar las relaciones clave entre las especies y el ambiente. Específicamente, especies como *E. labriformis*, *S. lewini* y *P. aztecus* muestran una relación positiva con la turbidez, lo que sugiere que estas especies son más abundantes en áreas con mayores niveles de turbidez. Por otro lado, *L. novemfasciatus* y *D. brevis* están positivamente correlacionadas con la presencia de basura, lo que podría indicar su capacidad de adaptarse o aprovechar ambientes más perturbados. Además, *E. dowii* muestra una relación positiva tanto con la presencia de basura como con el número de embarcaciones, sugiriendo que esta especie podría estar influenciada por ambas variables de manera simultánea.

En conjunto, estos resultados sugieren que las variables ambientales y antropogénicas tienen un impacto significativo en la estructura comunitaria de los sitios de crianza de tiburones en Santa Cruz, Galápagos (Figura 8).

Discusión

Los BRUVS fueron una herramienta muy útil para comprender los aspectos relacionados con la diversidad de especies en las localidades de Bahía Academia y Caleta Tortuga Negra. Es así, que su uso permitió identificar, patrones claros en la distribución y diversidad de especies entre ambas áreas, destacando que bahía Academia presentó una mayor riqueza de especies observadas en comparación con Caleta Tortuga Negra. Además, los estimadores de riqueza indicaron que en ambas localidades aún podrían estar presentes especies no detectadas, lo que subraya la importancia de continuar con los esfuerzos de monitoreo. Estos resultados proporcionan una base sólida para futuras investigaciones, especialmente en bahía Academia, que mostró un mayor potencial para albergar una comunidad biológicamente diversa.

Riqueza y Diversidad de Especies

A pesar de encontrarse en la misma isla, bahía Academia y Caleta Tortuga Negra se ubican en extremos opuestos de la isla Santa Cruz y las diferencias en la composición de vida silvestre resaltan cómo las especies costeras seleccionan hábitats específicos, demostrando una preferencia marcada por ciertas condiciones locales. Bahía Academia posee un sustrato más rocoso y está expuesta a una mayor dinámica oceánica, se caracterizó por una comunidad dominada por pequeñas especies de peces costeros como *A. troschellii*, *S. annulatus* y *H. scudderii*, y presenta una baja abundancia de especies depredadoras. Las especies de peces costeros pequeños tienden a habitar en aguas poco profundas, donde la abundancia de depredadores es baja, como una estrategia común de supervivencia (Bonhomme & Planes, 2000). Mientras que, Caleta Tortuga Negra se caracteriza por un entorno más protegido, con un fondo predominante fangoso y las influencias de escorrentías continentales, también presentó una composición similar, con predominancia de especies de peces costeros pequeños y escasas especies depredadoras, las sutiles diferencias sugieren que

cada área ofrece microhábitats específicos que influyen en la distribución de las especies. Estos patrones coinciden con estudios previos, como el de Fierro et al. (2021), que reportaron un 17% más de riqueza de especies en la región Centro-Sureste en comparación con la Occidental. Además, el uso de BRUVS mostró una mayor riqueza de especies, así como una mayor diversidad y equidad en comparación con censos visuales tradicionales, lo que también se reflejó en los resultados de nuestros sitios de estudio.

Se ha reportado que los ecosistemas de manglar presentan condiciones físicas altamente variables que brindan un hábitat favorable para las especies marinas, especialmente para los tiburones como *C. limbatus* (Llerena et al., 2018) y el *S. lewini* (Chiriboga et al., 2022). Sin embargo, en nuestro estudio la riqueza de especies fue menor en comparación con otros hábitats costeros, un patrón que coincide con lo reportado en los manglares de la Isla Santa Cruz en el centro del archipiélago (Llerena et al., 2018). En el presente estudio no fueron observadas las especies de las familias *Ariidae* y *Clupeidae*, que son comunes en otros manglares y zonas rocosas de la región de acuerdo a Castellanos y Krumme (2015) y Robertson y Allen (2015). Sin embargo, se encontró una abundancia significativa de otras familias, incluyendo *Pomacentridae* (1 especie), *Tetraodontidae* (2 especies), *Sparidae* (2 especies), *Carcharhinidae* (3 especies), *Haemulidae* (1 especie), y *Gerreidae* (1 especie). Estas familias formaron parte del grupo dominante en estos ecosistemas. Los carnívoros fueron el grupo trófico más común en los sitios, lo cual probablemente refleja la limitada disponibilidad de sedimentos blandos y de fuentes de alimento como detritos o productores bentónicos en estos hábitats. Finalmente, observamos que alrededor del 80% de las especies registradas (n = 164) tienen una asociación con hábitats de arrecifes, lo que sugiere una conectividad importante entre los ecosistemas de manglar y arrecife en Galápagos, similar a lo reportado en otras regiones del mundo como el Caribe y el Indo-Pacífico (Mumby et al., 2004; Nagelkerken et al., 2015; Saenger, 2013; Unsworth et al., 2008), por lo que enfatiza la

importancia de continuar investigando para evaluar más a fondo esta conectividad y su importancia ecológica.

Otros estudios de diversidad de especies costeras en Galápagos que emplean métodos independientes de pesca también han reportado una riqueza y composición de especies similares en comparación con nuestro estudio, al menos a pequeña escala. Por ejemplo, Cambra et al. (2021) utilizó BRUVS para determinar la diversidad y abundancia de especies pelágicas en la cordillera Cocos-Galápagos, Riofrío et al. (2022) realizó censos con buceo y snorkel en cinco sitios costeros en Isla San Cristóbal; mientras Fierro et al. (2021) utilizó BRUVS para determinar la diversidad y abundancia de especies en ecosistemas de manglar en todo el archipiélago. En este estudio, se detectó una diversidad de especies costeras que es similar a la reportada por Riofrío et al. (2022) y Fierro et al. (2021), incluyendo varias especies que coinciden con sus hallazgos. Sin embargo, dado que en sus investigaciones realizaron un esfuerzo de muestreo superior (> 500 horas de video), el total de especies detectadas fue significativamente mayor que del presente estudio. A pesar de esto, nuestro estudio proporciona una perspectiva sobre la estructura comunitaria y la riqueza de especies en las zonas evaluadas, especialmente porque estas áreas se consideran hábitats de crianza para especies de gran importancia ecológica, como *C. limbatus* y *C. albimarginatus*. Este hallazgo es coherente con reportes anteriores que indican la presencia de juveniles de *C. limbatus* como usuarios regulares de áreas de manglares en la parte central del Archipiélago de Galápagos (Llerena et al., 2015). *C. limbatus* es una especie carismática con un alto valor económico como atractivo turístico, por lo que este resultado enfatiza la importancia de los manglares en la reserva marina Galápagos para apoyar la industria turística local (Llerena et al., 2015; Lynham et al., 2015).

Relaciones entre las Variables Ambientales y la Estructura de las Comunidades de Peces

En los hábitats rocosos y de manglar de las Islas Galápagos, no se han observado con claridad patrones geográficos que expliquen la variabilidad de la abundancia, riqueza o diversidad de peces con respecto a la complejidad estructural del hábitat (Riofrío et al., 2022). Sin embargo, se encontró que los hábitats de manglares presentan valores de diversidad ligeramente más bajos en comparación con otros hábitats costeros. Esto sugiere que la estructura geológica puede ser más determinante que la vegetación en la creación de la complejidad estructural de los ambientes en las Islas Galápagos. La baja claridad del agua, asociada a una mayor turbidez en los hábitats de manglares, podría explicar esta disminución en la diversidad. A medida que aumenta la turbidez, se observa una reducción en la riqueza y diversidad de especies de peces (Lunt & Smee, 2020). Esto se debe a que la turbidez afecta la penetración y dispersión de la luz (Hoegh et al., 2004), influyendo en la capacidad de alimentación de los depredadores de caza visual. Por lo tanto, es importante considerar algunos aspectos que dificultan la evaluación de las comunidades de peces y su relación con hábitats particulares (Henseler et al., 2019). Por ejemplo, los peces a menudo se desplazan entre diferentes ambientes, lo que puede dificultar la observación de patrones de abundancia (Seitz et al., 2014). Además, el número y la composición de las especies de peces pueden variar a lo largo del día, ya que entre la mitad y dos tercios de las especies en la mayoría de los ensamblajes de peces son diurnas (G. S. Helfman, 1986). Esto implica que las condiciones de muestreo, como la hora del día, pueden influir significativamente en la diversidad observada.

El aislamiento del archipiélago de Galápagos, junto con su ubicación en una zona de convergencia, proporciona condiciones oceanográficas únicas que determinan la composición de especies y la biodiversidad entre regiones (Brito et al., 1997; Edgar et al., 2004). Los conjuntos de peces en los hábitats costeros están influenciados por las características

ambientales de cada región dentro del archipiélago, como se ha observado en los hábitats de manglares y arrecifes rocosos de Galápagos (Riofrío et al., 2022). Así, las especies que habitan alrededor de las islas en la misma biorregión están adaptadas a la heterogeneidad climática, lo que puede contribuir a la baja rotación de especies entre estaciones (Paltán et al., 2021; Riofrío et al., 2022). En el presente estudio, la cercanía entre los sitios de muestreo podría haber limitado la variación en la diversidad de peces observada entre las áreas de crianza analizadas. No obstante, algunos estudios han indicado que durante la estación fría se presenta una mayor diversidad en las islas (Gradstein & Weber, 1982). Por el contrario, en lugares como Las Negritas, Punt Pitt y Rosa Blanca, la diversidad tiende a ser ligeramente mayor durante la estación cálida, cuando muchas especies acuden a estas áreas para alimentarse y reproducirse (Riofrío et al., 2022). Este es el caso de los pargos, *L. argentiventris* y *L. viridis*, que solo se avistan durante la estación cálida. Asimismo, *P. laticlavus* muestra una abundancia que se duplica durante las temperaturas más cálidas, lo cual está relacionado con un incremento en su actividad reproductiva (Tebbett et al., 2024). En consecuencia, tanto los factores ambientales como los antropogénicos desempeñan un papel crucial en la distribución, abundancia y diversidad de las especies de peces en el archipiélago (Bruneel et al., 2018).

Los factores ambientales, como la temperatura, la profundidad y la composición del hábitat, son impulsores clave de los ensambles de especies costeras (Paltán et al., 2021). Sin embargo, en nuestro estudio, la influencia de estos factores fue mínima. En cambio, nuestros resultados indicaron un efecto positivo de la turbidez en la riqueza y abundancia de especies costeras, lo que coincide con hallazgos previos en el archipiélago (Aguaiza, 2016; Lunt & Smee, 2020). La turbidez puede estar relacionada con áreas que contienen una mayor cantidad de sólidos totales en suspensión o materia orgánica en el agua, lo cual puede ser resultado tanto de procesos naturales (como corrientes o mareas) como de impactos

antropogénicos (como degradación, construcción o desechos en el agua) (Aguaiza, 2016). Además, estudios han demostrado que un aumento en la turbidez no solo puede modificar el hábitat subacuático, sino también afectar la disponibilidad de luz y la visibilidad para los depredadores (Anthony et al., 2004; G. Helfman, 1978). En nuestro estudio, algunas especies, como *E. faber*, *S. lewini* y *P. aztecus*, mostraron una relación positiva con la turbidez, sugiriendo que son más abundantes en áreas con mayores niveles de turbidez. Este hallazgo se alinea con la documentación de que las áreas de cría de tiburones martillo suelen ubicarse en ambientes costeros, como estuarios o bahías, que generalmente presentan mayor turbidez y flujo de Corrientes (Chiriboga et al., 2022; Y. Llerena et al., 2011). Este tipo de hábitats podría proporcionar varias ventajas clave para los tiburones juveniles, como protección contra depredadores y una mayor disponibilidad de presas (Aguaiza, 2016; Lunt & Smee, 2020).

En el presente estudio, además de la influencia de la turbidez en la riqueza y abundancia de especies costeras, se observó que la presencia de basura, compuesta principalmente por plástico, residuos, fundas plásticas, botellas de vidrio y cigarrillos, así como el número de embarcaciones impactaron significativamente la estructura comunitaria. Específicamente, especies como *L. novemfasciatus* y *E. dowii* mostraron relaciones positivas con estas variables, lo que sugiere una posible asociación con la actividad humana en los ecosistemas de manglar. Este hallazgo es consistente con estudios previos que documentan cómo el desarrollo humano y la mala gestión ambiental generan múltiples impactos negativos en áreas costeras, incluyendo la contaminación del agua y la destrucción de hábitats (Alava et al., 2014; Brewington, 2013; Ragazzi et al., 2016). La intensificación del turismo y el comercio en las islas, reflejada en el aumento del tráfico marítimo y el crecimiento poblacional, ha incrementado el uso de recursos naturales, creando un modelo de desarrollo insostenible (Pizzitutti et al., 2017). En este contexto, los tipos de embarcaciones que ahora

ingresan regularmente a las zonas costeras incluyen buques de carga, yates privados y barcos de pesca ilegal, todos los cuales interfieren en los hábitats marinos (Keith et al., 2016). Estos factores no solo afectan la calidad del hábitat, sino que también alteran las dinámicas de las especies, favoreciendo a aquellas con mayor plasticidad ecológica o capacidad de adaptación rápida, como los reproductores rápidos y los especialistas en nichos perturbados (Carlton et al., 2019). La capacidad de adaptación de especies como *L. novemfasciatus* y *E. dowii* frente a estos cambios podría explicar su mayor presencia en áreas con alta actividad antropogénica, sugiriendo que ciertos rasgos ecológicos les otorgan una ventaja competitiva en ambientes perturbados.

Implicaciones para la Conservación y Manejo

Los impactos antropogénicos, como la pérdida y degradación del hábitat, representan amenazas significativas en las zonas costeras, que suelen estar expuestas a múltiples factores estresantes crónicos (Carlton et al., 2019). Estos factores son importantes impulsores de la disminución de especies costeras en el archipiélago. Es fundamental implementar esfuerzos de monitoreo en hábitats costeros claros para estas especies, ya que sitios como bahía Academia y Caleta Tortuga Negra podrían funcionar como áreas de crianza para especies de conservación, como el *C. limbatus*. En las Islas Galápagos, el rápido desarrollo costero y los cambios en las prácticas de uso del suelo ya están impactando negativamente la salud de áreas de manglar, arrecifes de coral y por ende a las comunidades de peces (Carlton et al., 2019; Glynn et al., 2018). No obstante, a pesar de su proximidad a centros humanos, bahía Academia y Caleta Tortuga Negra siguen siendo áreas productivas, proporcionando numerosos servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades costeras. El estado de conservación de estos manglares y sus especies asociadas es incierto. Mientras que la proximidad a la actividad humana parece no haber reducido completamente la capacidad de estos hábitats para albergar fauna marina, la presión continúa creciendo. Se requiere un

monitoreo intensivo y focalizado en estas zonas críticas, no solo para documentar los cambios en la biodiversidad, sino también para evaluar la eficacia de cualquier acción de conservación que se esté implementando. El conocimiento existente de la fauna costera de Galápagos se ha concentrado mayormente en las especies de arrecifes, dejando vacíos importantes en la comprensión de los ensambles de especies que dependen de los manglares (Acuña et al., 2018; Edgar et al., 2004; Riofrío et al., 2022). Para llenar estos vacíos, metodologías no invasivas, como los BRUVS, ofrecen una oportunidad valiosa. Aunque normalmente se utilizan para estudiar especies pelágicas, los BRUVS pueden adaptarse a las aguas más someras de los manglares, proporcionando información detallada sobre la diversidad y abundancia de especies costeras que habitan estas áreas (Letessier et al., 2019; Thompson, 2021).

Limitaciones del Estudio

Los BRUVS han sido ampliamente reconocidos como una herramienta eficaz para abordar preguntas clave sobre especies pelágicas; sin embargo, también presentan sesgos importantes que deben considerarse. Por ejemplo, su efectividad disminuye en aguas turbias con baja visibilidad, lo que puede reducir la atracción de grandes depredadores y, en consecuencia, la detectabilidad de especies más pequeñas. Además, la dispersión del cebo es incierta, lo que limita nuestra comprensión precisa del área de muestreo real. Otra limitación relevante de nuestro estudio es que los peces de menor tamaño podrían haber accedido directamente al cebo dentro de los contenedores, reduciendo así el efecto esperado de la pluma de cebo. Asimismo, el esfuerzo de muestreo limitado impidió realizar campañas consecutivas de muestreo, lo que podría haber resultado en una mayor cantidad de datos, especialmente en variables como la temperatura, de la que no fue posible capturar un rango amplio de variación entre los sitios para detectar diferencias significativas en los ensambles de especies costeras. Finalmente, una mayor replicación estacional en cada sitio permitiría

evaluar mejor la variación a lo largo del año y el impacto de eventos climáticos cíclicos, como El Niño y La Niña, en la diversidad de especies.

Conclusión

- La riqueza de especies en bahía Academia es significativamente ($p < 0,05$) mayor que en Caleta Tortuga Negra, encontrando que en ésta el número de especies excedía el doble (44 especies) en bahía Academia que en Caleta tortuga negra (21 especies). Lo cual indica que existe un ambiente ecológicamente más variado, favoreciendo una amplia gama de especies.
- Los estimadores de riqueza (Chao, Jackknife y Bootstrap) sugieren que un mayor esfuerzo de muestreo podría relevar más especies en ambos sitios, especialmente en bahía Academia, donde las curvas de acumulación aun no alcanzan una asíntota.
- Caleta Tortuga Negra muestra una comunidad de especies más homogénea, lo que podría estar relacionado con condiciones ambientales más restrictivas o presiones antropogénicas más fuertes.
- Los análisis de NMDS y ANOSIM confirman diferencias significativas ($p < 0,05$) en la estructura de las comunidades entre ambos sitios, lo que resalta la importancia de manejo diferenciado debido a las distintas presiones a las que están expuestas las especies en cada área.
- Las variables ambientales y antropogénicas, como la turbidez, la presencia de embarcaciones y la basura, influyen de manera significativa en especies de peces como *E. labriformis*, *S. lewini*, *L. novemfasciatus* y *D. brevis*, lo que destaca la necesidad de monitorear estos factores para conservar los hábitats críticos en las Islas Galápagos.

Bibliografía

- Acuña-Marrero, D., Smith, A. N., Salinas-de-León, P., Harvey, E. S., Pawley, M. D., & Anderson, M. J. (2018). Spatial patterns of distribution and relative abundance of coastal shark species in the Galapagos Marine Reserve. *Marine Ecology Progress Series*, 593, 73-95. <https://www.int-res.com/articles/meps2018/593/m593p073.pdf>
- Aguaiza, C. (2016). The role of mangrove as nursery habitats for coral reef fish species in the Galapagos Islands. *Marine Ecology Progress Series*, 747. https://www.researchgate.net/publication/385015497_Mangroves_as_nursery_habitats_for_Galapagos_reef_fishes
- Aguilar, S., Villavicencio, C., & Reyes, H. (2009). Zonas y temporadas de reproducción y crianza de tiburones en el Golfo de California: Estrategia para su conservación y manejo pesquero. *Ciencias marinas*, 35(4). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802009000400005#:~:text=Las%20%C3%A1reas%20de%20crianza%20son,de%20vida%20\(Castro%201993](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802009000400005#:~:text=Las%20%C3%A1reas%20de%20crianza%20son,de%20vida%20(Castro%201993)
- Alava, J., Palomera, C., Bendell, L., & Ross, P. (2014). Pollution as an emerging threat for the conservation of the Galapagos Marine Reserve: environmental impacts and management perspectives. *The Galapagos Marine Reserve*, 2(12). https://www.researchgate.net/publication/261632480_Pollution_as_an_Emerging_Threat_for_the_Conservation_of_the_Galapagos_Marine_Reserve_Environmental_Impacts_and_Management_Perspectives
- Alemu, J. (2014). Fish assemblages on fringing reefs in the southern Caribbean: biodiversity, biomass and feeding types. *Revista de Biología Tropical*, 62(13). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000700027

- Andradi-Brown, D. A., Macaya-Solis, C., Exton, D. A., Gress, E., Wright, G., & Rogers, A. D. (2016). Assessing Caribbean Shallow and Mesophotic Reef Fish Communities Using Baited-Remote Underwater Video (BRUV) and Diver-Operated Video (DOV) Survey Techniques. *Plos One*, *11*(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168235>
- Anthony, K., Ridd, P., Orpin, A., Larcombe, P., & Lough, J. (2004). Temporal variation of light availability in coastal benthic habitats: Effects of clouds, turbidity, and tides. *Limnol. Oceanogr*, *49*, 2201-2211.
<https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.4319/lo.2004.49.6.2201>
- Arcos, D., Jarrín, J., Oropeza, O., Harvey, E., Laplane, E., & Salinas de León, P. (2021). Mangrove fish assemblages reflect the environmental diversity of the Galapagos Islands. *Inter-Research Science Publisher*, *664*. <https://doi.org/10.3354/meps13628>
- Arenales, I., Ortíz, J., Polanco, F., Pacay, A., Domené, A., Montaña, C., . . . Avalos, C. (2016). Monitoreo de la ecología de las especies de rayas y tiburones en el caribe de Guatemala. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/prunian/INF-2016-19>
- Bonhomme, F., & Planes, S. (2000). Some Evolutionary Arguments about what maintains the Pelagic Interval in Reef Fishes. *Environmental Biology of Fishes*, *59*(4), 365-383.
doi:10.1023/A:1026508715631
- Brewington, L. (2013). The double bind of tourism in Galapagos Society. In S. Walsh & C. Mena (Eds.), *Science and conservation in the Galapagos Islands: frameworks & perspectives, social and ecological interactions in the Galapagos Islands*, *7*(6).
https://www.researchgate.net/publication/302209214_The_Double_Bind_of_Tourism_in_Galapagos_Society
- Brito, M. R., Chávez, E. L., Quiroz, A. J., & Yukich, J. E. (1997). Connectivity of the mutual k-nearest-neighbor graph in clustering and outlier detection. *Statistics & Probability*

Letters, 35(1), 33-42.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167715296002131>

Bruneel, S., Gobeyn, S., Verhelst, P., Reubens, J., Moens, T., & Goethals, P. (2018).

Implications of movement for species distribution models - Rethinking environmental data tools. *Sci Total Environ*, 628-629, 893-905. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.02.026

Cambra, M., Lara-Lizardi, F., Peñaherrera-Palma, C., Hearn, A., Ketchum, J. T., Zarate, P., . .

. Espinoza, M. (2021). A first assessment of the distribution and abundance of large pelagic species at Cocos Ridge seamounts (Eastern Tropical Pacific) using drifting pelagic baited remote cameras. *Plos One*, 16(11), e0244343.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8601560/>

Capetillo, N., Quezada, A., & Vega, A. (2022). Congruencia y respuesta a factores

ambientales de diferentes métricas de biodiversidad en el golfo de Batabanó, Cuba.

Revista de Biología Marina y Oceanografía, 57(1).

doi:10.22370/rbmo.2022.57.1.3322

Carlton, J. T., Keith, I., & Ruiz, G. M. (2019). Assessing marine bioinvasions in the

Galápagos Islands: implications for conservation biology and marine protected areas.

Aquatic Invasions, 14(1). [http://www.aquaticinvasions.net/2019/AI_2019-](http://www.aquaticinvasions.net/2019/AI_2019-G_Carlton_etal.pdf)

[G_Carlton_etal.pdf](http://www.aquaticinvasions.net/2019/AI_2019-G_Carlton_etal.pdf)

Castellanos-Galindo, G., & Krumme, U. (2015). Tides, salinity, and biogeography affect fish

assemblage structure and function in macrotidal mangroves of the neotropics.

Ecosystems, 18(7), 1165-1178. [https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-015-](https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-015-9887-4)

[9887-4](https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-015-9887-4)

Chiriboga, Y. (2018). *Ecología espacial y conservación de tiburones neonatos y juveniles*

punta negra (Carcharhinus limbatus) en la Isla San Cristóbal – Reserva Marina de

- Galápagos* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Francisco de Quito].
<https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7545>
- Chiriboga-Paredes, Y., Palomino, A., Goodman, L., Córdova, F., Páez, V., TYépez, M., . . . Hearn, A. (2022). Discovery of a putative scalloped hammerhead shark *Sphyrna lewini* (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) nursery site at the Galapagos Islands, Eastern Tropical Pacific. *Environ Biol Fish*, *105*, 181-192. <https://doi.org/10.1007/s10641-021-01207-3>
- Cole, M., Lindeque, C., Halsband, T., & Galloway, S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, *62*(12), 2588-2597. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11005133?via%3Dihub>
- Denkinger, J., Gordillo, L., Montero-Serra, I., Murillo, J. C., Guevara, N., Hirschfeld, M., . . . Dan, M. (2015). Urban life of Galapagos sea lions (*Zalophus wollebaeki*) on San Cristobal Island, Ecuador: colony trends and threats. *Journal of Sea Research*, *105*, 10-14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385110115300277>
- Edgar, G., Banks, S., Fariña, J., Calvopiña, M., & Martínez, C. (2004). Regional biogeography of shallow reef fish and macro-invertebrate communities in the Galapagos archipelago. *Journal of Biogeography*, *31*(7), 1107-1124. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2699.2004.01055.x>
- Espinoza Buitrón, M. A. (2021). *Distribución de las áreas de crianza de tiburones: Revisión a nivel global* [Tesis de licenciatura, Universidad San Francisco de Quito].
<https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10795>
- Fierro-Arcos, D., Marín, J., Aburto-Oropeza, O., Harvey, E., Rastoin-Laplane, E., & Salinas-de-León, P. (2021). Mangrove fish assemblages reflect the environmental diversity of the Galapagos Islands *Marine Ecology Progress Series*, *664*, 183-205.
[doi:https://doi.org/10.3354/meps13628](https://doi.org/10.3354/meps13628)

- Galápagos, C. d. G. d. R. E. d. (2020). *Plan Galápagos: Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos 2015 - 2020*.
https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Plan-Galapagos-2015-2020_12.pdf
- Glynn, P. W., Feingold, J. S., Baker, A., Banks, S., Baums, I. B., Cole, J., . . . Keith, I. (2018). State of corals and coral reefs of the Galápagos Islands (Ecuador): Past, present and future. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 717-733.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18304004>
- Gomez, A., Gonzales, S., & Francia, J. (2021). Efecto de la temperatura y concentración de microplásticos en la tasa de filtración del mejillón *Semimytilus algosus* (Mytiloidea: Mytilidae). *Revista de Biología Tropical*, 69(4), 1242-1251.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442021000401242
- Gómez, I. (2023). Efecto de la temperatura sobre los estadios de vida iniciales de larvas de *Trachycephalus typhonius* y *Scinax nasicus* (Anura: Hylidae). *Ecología Austral*, 33(1), 089-094.
https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/2150
- Gradstein, S. R., & Weber, W. A. (1982). Bryogeography of the Galapagos Islands. *The Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 74(3), 127-152.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024406601905760>
- Grove, J. S., & Lavenberg, R. J. (1997). *The fishes of the Galápagos Islands*: Stanford University Press.
- Harvey, E., Shortis, M., Stadler, M., & Cappel, M. (2002). A comparison of the accuracy and precision of measurements from Single and Stereo-Video systems. *Marine*

Technology Society Journal, 36(2), 38-49.

doi:<https://doi.org/10.4031/002533202787914106>

Helfman, G. (1978). Patterns of community structure in fishes: Summary and overview.

Environ Biol Fishes, 3, 129-148.

https://www.researchgate.net/publication/291375001_Patterns_and_drivers_of_fish_community_assembly_in_a_large_marine_ecosystem

Helfman, G. S. (1986). Fish behaviour by day, night and twilight. In *The behaviour of teleost fishes*, 366-387. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-8261-4_14

Henseler, C., Nordstrom, M., Tornroos-Remes, A., Snickars, M., Pcuchet, L., Lidegren, M., & Bonsdorff, E. (2019). Coastal habitats and their importance for the diversity of benthic communities: A species- and trait-based approach. *Coastal and Shelf Science*, 226.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106272>

Hoegh-Gulberg, O., Anthony, K., Berkelmans, R., Dove, S., Fabricus, K., Lough, J., . . .

Willis, B. (2004). Vulnerability of reef-building corals on the Great Barrier Reef to climate change, 272-307.

https://www.researchgate.net/publication/43480304_Vulnerability_of_reef-building_corals_on_the_Great_Barrier_Reef_to_climate_change

Houvenaghel, G. (1984). Oceanographic setting of the Galápagos Islands. *Oxford: Pergamon Press*, 43-54. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-66985-9_15

INOCAR. (2021). Derrotero de la Costa Continental e Insular del Ecuador (2020).

<https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/noticias/1485-derrotero-de-la-costa-continental-e-insular-del-ecuador-2021>

INOCAR. (2023). Tabla de mareas puertos del Ecuador. Instituto Oceanográfico de la

Armada de Ecuador. <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas>

- Izurietta, A. (2014). *Informe de gestión 2014*. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Informe-de-rendicion-de-cuentas-para-2014_Final.pdf
- Janing, M. (2010). Sharks (Selachii) in mangrove-fringed habitats of the Galápagos Marine Reserve (GMR) with implications for management and conservation. *Revista de Biología Tropical*, 66(2).
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000200674
- Jiménez Jiménez, M. (2023). *Temperatura superficial de la arena en áreas de anidación de tortugas marinas mediante teledetección* [Tesis de licenciatura, Centro de Investigaciones biológicas del Noroeste].
http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/3182/jimenez_m%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Keith, I., Dawson, T. P., Collins, K. J., & Campbell, M. L. (2016). Marine invasive species: establishing pathways, their presence and potential threats in the Galapagos Marine Reserve. *Pacific Conservation Biology*, 22(4), 377-385.
https://www.researchgate.net/publication/306247393_Marine_invasive_species_establishing_pathways_their_presence_and_potential_threats_in_the_Galapagos_Marine_Reserve
- Kindt, R., & Coe, R. (2005). Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. Nairobi, Kenya. *World Agroforestry Centre*, 2.
https://www.researchgate.net/publication/258926046_Tree_Diversity_Analysis_A_Manual_and_Software_for_Common_Statistical_Methods_for_Ecological_and_Biodiversity_Studies

- Kohler, M., Hottiger, S., & Puzrin, A. M. (2023). Rate, Water Pressure, and Temperature Effects in Landslide Shear Zones. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, *128*(9), e2023JF007220. doi:<https://doi.org/10.1029/2023JF007220>
- Langlois, T., Goetze, J., Bond, T., Monk, J., Abesamis, R. A., Asher, J., . . . Birt, M. J. (2020). A field and video annotation guide for baited remote underwater stereo-video surveys of demersal fish assemblages. *Methods in Ecology and Evolution*, *11*(11), 1401-1409. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210X.13470>
- Letessier, T. B., Mouillot, D., Bouchet, P. J., Vigliola, L., Fernandes, M. C., Thompson, C., . . . Maire, E. (2019). Remote reefs and seamounts are the last refuges for marine predators across the Indo-Pacific. *PLoS Biology*, *17*(8), e3000366. <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.3000366>
- Llerena, Y., Espinoza, E., & Peñaherrera, C. (2011). Manual para el monitoreo y marcaje en tiburones juveniles de las zonas de manglar de la Reserva Marina de Galápagos. *Dirección del Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin*, *1*. https://www.researchgate.net/publication/277813250_Manual_para_el_monitoreo_y_marcaje_en_tiburones_juveniles_de_las_zonas_de_manglar_de_la_Reserva_Marina_de_Galapagos
- Llerena, Y., Peñaherrera, C., Espinoza, E., Hirschfeld, M., Wolff, M., & Vinueza, L. (2015). Nursery grounds of blacktip sharks (*Carcharhinus limbatus*) in mangrove-fringed bays in the central part of the Galapagos Archipelago. *Nursery grounds of blacktip sharks*, 103-110. https://www.researchgate.net/publication/281723255_Nursery_grounds_of_blacktip_sharks_Carcharhinus_limbatus_in_mangrove-fringed_bays_in_the_central_part_of_the_Galapagos_Archipelago

- Llerena-Martillo, Y., Pñaherrera-Palma, C., & Espinoza, E. (2018). Fish assemblages in three fringed mangrove bays of Santa Cruz Island, Galapagos Marine Reserve. *Rev. biol. trop*, *66*(2), 674-687.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000200674
- Lunt, J., & Smee, D. L. (2020). Turbidity alters estuarine biodiversity and species composition. *ICES Journal of Marine Science*, *77*(1), 379-387.
<https://academic.oup.com/icesjms/article/77/1/379/5620392>
- Lynham, J., Costello, C., Gaines, S., & Sala, E. (2015). Economic valuation of marine- and shark-based tourism in the Galapagos Islands Puerto Ayora, Galápagos. *National Geographic Pristine Seas*.
https://www.researchgate.net/publication/291970999_Valoracion_economica_de_la_conservacion_de_tiburones_en_la_Reserva_Marina_de_Galapagos
- Moity, N., Delgado, B., & Salinas-de-Leon, P. (2019). Mangroves in the Galapagos islands: Distribution and dynamics. *Plos One*, *14*, e0209313.
doi:10.1371/journal.pone.0209313
- Mumby, P. J., Edwards, A. J., Ernesto Arias-González, J., Lindeman, K. C., Blackwell, P. G., Gall, A., . . . Llewellyn, G. (2004). Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature*, *427*(6974), 533-536. doi:10.1038/nature02286
- Nagelkerken, I., Sheaves, M., Baker, R., & Connolly, R. M. (2015). The seascape nursery: a novel spatial approach to identify and manage nurseries for coastal marine fauna. *Fish and Fisheries*, *16*(2), 362-371.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/faf.12057>

- Okansen, J., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, B., & Stevens, M. H. (2008). The vegan package. (Version 1.8-8). <http://cran.r-project.org/>, <http://r-forge.r-project.org/projects/vegan/>
- Paltán, H. A., Benitez, F. L., Rosero, P., Escobar-Camacho, D., Cuesta, F., & Mena, C. F. (2021). Climate and sea surface trends in the Galapagos Islands. *Scientific reports*, *11*(1), 14465. <https://www.nature.com/articles/s41598-021-93870-w>
- Pizzitutti, F., Walsh, S. J., Rindfuss, R. R., Gunter, R., Quiroga, D., Tippett, R., & Mena, C. F. (2017). Scenario planning for tourism management: a participatory and system dynamics model applied to the Galapagos Islands of Ecuador. *Journal of sustainable Tourism*, *25*(8), 1117-1137. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09669582.2016.1257011>
- Polanco, A., Marques, V., Fopp, F., Juhel, J. B., Borrero-Pérez, G. H., Cheutin, M. C., . . . Hocdé, R. (2021). Comparing environmental DNA metabarcoding and underwater visual census to monitor tropical reef fishes. *Environmental DNA*, *3*(1), 142-156. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/edn3.140>
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ragazzi, M., Catellani, R., Rada, E., Torretta, V., & Salazar, X. (2016). Management of urban wastewater on one of the Galapagos Islands. *Sustain*, *8*, 2-19. [doi:https://doi.org/10.3390/su8030208](https://doi.org/10.3390/su8030208)
- Riofrío-Lazo, M., Zetina-Rejón, M. J., Vaca-Pita, L., Murillo-Posada, J. C., & Páez-Rosas, D. (2022). Fish diversity patterns along coastal habitats of the southeastern Galapagos archipelago and their relationship with environmental variables. *Scientific reports*, *12*(1), 3604. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-07601-w>

- Robertson, D. R., & Allen, G. (2015). Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific online information system. Version 2.0 Smithsonian Tropical Research Institute. *Actas del Simposio Smithsonian sobre Ciencias Marinas, 197-208*.
https://www.researchgate.net/publication/382818288_Shorefishes_of_the_Tropical_Eastern_Pacific_Online_Information_System
- Rosas-Luis, R. (2023). Contaminantes y producción pesquera y acuícola Yucatán. *Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco AC*, (pp. 91-110).
https://www.researchgate.net/publication/375520148_Contaminantes_y_produccion_pesquera_y_acuicola_Yucatan
- Saenger, P. (2013). *Mangrove ecology, silviculture and conservation*: Springer Science & Business Media. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-015-9962-7>
- Seitz, R. D., Wennhage, H., Bergström, U., Lipcius, R. N., & Ysebaert, T. (2014). Ecological value of coastal habitats for commercially and ecologically important species. *ICES Journal of Marine Science, 71*(3), 648-665.
<https://academic.oup.com/icesjms/article/71/3/648/634683>
- Shrestha, N. (2020). Detecting multicollinearity in regression analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics, 8*(2), 39-42. doi:10.12691/ajams-8-2-1
- Tebbett, S., Yan, H., Lutzenkirchen, L., Siqueira, A., & Bellwood, D. (2024). Global patterns of herbivorous reef fish productivity: the role of *Prionurus laticlavus* in the Galápagos. *Coral Reefs, 43*, 1-7. doi:10.1007/s00338-024-02473-0
- Thompson, C. (2021). *Remote regions and remote cameras: what sampling the last wild places can teach us about pelagic ecosystems* [Tesis de doctorado, University of Western Australia]. <https://api.research->

repository.uwa.edu.au/ws/portalfiles/portal/114981678/THESIS_DOCTOR_OF_PHI
LOSOPHY_THOMPSON_Christopher_David_Harburn_2021.pdf

Trobbiani, G., Wysiecji, A., Bovcon, N., & Irigoyen, A. (2021). Uso de cámaras remotas submarinas para caracterizar ensamblajes de depredadores en ambientes remotos del Pacífico Este Tropical. *CONICET*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/182772>

Unsworth, R. K., De León, P. S., Garrard, S. L., Jompa, J., Smith, D. J., & Bell, J. J. (2008). High connectivity of Indo-Pacific seagrass fish assemblages with mangrove and coral reef habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 353, 213-224.
https://www.researchgate.net/publication/232274789_High_connectivity_of_Indo-Pacific_seagrass_fish_assemblages_with_mangrove_and_coral_reef_habitats