TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y BIOLÓGICAS

CARRERA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA MARINA

“Ictiofauna en la plataforma petrolera MX1, Pacífico Tropical, Perú (4°S), durante la primavera del 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

BIÓLOGO MARINO

Presentado por:

Diego Javier Cuba Paez (0000-0002-3886-7107)

Asesor:

Bernabe Moreno Leveroni: (0000-0002-9751-6307)

Lima – Perú

2024

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 11 de marzo de 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Blgo. Aldo Gonzalo Indacochea Mejía
Integrante: Dr. Junior Alberto Chuctaya Vásquez
Integrante: Mg. Adriana González Pestana

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: "Ictiofauna en la plataforma petrolera MX1, Pacífico Tropical, Perú (4°S), durante la primavera del 2022"

Presentada por:

- Diego Javier Cuba Páez

Para optar el Título Profesional de Biólogo Marino

Asesorado por: Mg. Bernabé Moreno Leveroni

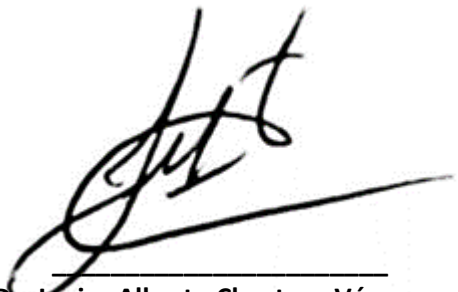
Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Diego Javier Cuba Páez			Nota: Diecisiete (17)
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

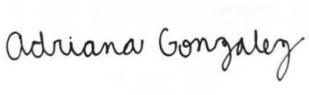
Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Blgo. Aldo Gonzalo Indacochea Mejía
Presidente del jurado



Dr. Junior Alberto Chuctaya Vásquez
Miembro del jurado



Mg. Adriana González Pestana
Miembro del jurado



Mg. Bernabé Moreno Leveroni
Asesor

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN[1]

Lima, 24 de Setiembre del 2024

Señor,
Carlos Zavalaga

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo: Diego Javier Cuba Páez, egresado de la carrera de Biología Marina de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor Mg. Bernabé Moreno Leveroni, declaramos que este informe final de tesis titulado: (nombre de la tesis), sustentado para obtener el título de Biólogo Marino es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi (nuestra) investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,





Firma tesista
DNI: 73660956

Bernabé Moreno Leveroni
DNI 70460322
(asesor de tesis)

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Ictiofauna en la plataforma petrolera MX1, Pacífico Tropical, Perú (4°S), durante la primavera del 2022.

Autores. Diego Javier Cuba Paez.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2466632546).

Resultado de la evaluación. 3%

Revisado por. Helbert Rubén Borja García, Renato Miguel Quispe Cumpa.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir citas, excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Ictiofauna en la plataforma petrolera MX1, Pacífico Tropical

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%	3%	2%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	1%
2	raccefyn.co Fuente de Internet	1%
3	Priscila da Cunha Jácome Vidal, Mario Orestes Aguirre González, Rafael Monteiro de Vasconcelos, David Cassimiro de Melo et al. "Decommissioning of offshore oil and gas platforms: A systematic literature review of factors involved in the process", Ocean Engineering, 2022 Publicación	<1%
4	americanornithology.org Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to University Of Tasmania Trabajo del estudiante	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Ichthyofauna associated with a no-longer standing decommissioned oilrig in the Tropical Eastern Pacific (4°S, Peru)

Diego Cuba[1,3*] & Bernabé Moreno[1,2,3,4]

[1]Carrera de Biología Marina, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. diegobiomarina@gmail.com, ORCID: **DC https://orcid.org/0000-0002-3886-7107**
(Corresponding author)

[2]Marine Ecology Department, Institute of Oceanology Polish Academy of Sciences, Sopot, Poland. bmoreno@cientifica.edu.pe, ORCID: **BM https://orcid.org/0000-0002-9751-6307**

[3]Coastal Ecosystems of Peru Research Group, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

[4]Comunidades Acuáticas Research Group, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

Running head: Fish vertical zonation on a decommissioned oilrig

Keywords: Artificial reef, Fish assemblages, Scientific diving, Underwater census, Vertical distribution,

Palabras clave: Arrecifes artificiales, Buceo científico, Censo subacuático, Distribución vertical, Ensamble de peces,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Dedicatoria

Dedicado a todas las personas *q*ue dieron su granito de arena para *q*ue esta investigación se concrete, especialmente a la familia, mentores y amigos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Agradecimientos:

DC fue financiado por la beca interna Beca Cabieses 2022-1–Universidad Científica del Sur (Resolución Directoral No. 002-DGIDI-CIENTIFICA-2022). Agradecemos a nuestros colegas submarinos de los centros de buceo Spondylus & Chelonia por la logística y las operaciones de buceo. Agradecemos la ayuda en la identificación de peces de Eduardo Miranda Romero (Universidad Nacional de Piura) y Yuri Hooker (SPDA). También agradecemos a Alejandro Ponz por la representación esquemática de MX-1 en la Fig. 2.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Resumen

Los recursos marinos, responsables de un tercio de la extracción global de petróleo, han impulsado la creación de plataformas petroleras originando ecosistemas únicos utilizados por peces. Sin embargo, estudios ecológicos asociados a estas estructuras son escasos en Perú. Se registró vídeos en la plataforma petrolera MX-1, Los Órganos (Piura, Perú) durante la primavera austral (octubre) 2022, utilizando equipo SCUBA. Además, se midió parámetros oceanográficos de temperatura y salinidad. Durante 6 días de inmersiones se registró un total de 7969 peces pertenecientes a 27 especies clasificadas en 13 familias. Se identificó 8 especies de interés comercial. Asimismo, se registró especies de las provincias biogeográficas Peruana (n=3) y Panámica (n=20), y a la zona de transición (n=4). Se determinó tendencias en la distribución vertical de los peces; el mayor número de especies (n=19) fue encontrado a 5 m de profundidad, pero la abundancia fue mayor en los estratos más profundos (30–40 m). Los grupos tróficos dominantes fueron carnívoros y planctívoros. Este estudio demuestra que el arrecife artificial MX-1 proveía de hábitat para la agregación de peces. La remoción de este arrecife artificial podría generar pérdida de hábitat, cambios en la distribución de las especies, alteración de la sucesión ecológica, y en general tendría impactos negativos en la pesquería local.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Abstract

Seabed resources account for one-third of global oil extraction, which has instigated the development of marine oil rigs, creating ecosystems with which fish are associated. However, ecological studies about this ichthyofauna in Peru remain limited. Video footage was recorded around the oil rig MX-1, Los Organos (Piura, Peru) during austral spring (October) 2022 by open circuit SCUBA. Oceanographic parameters were collected using salinity and temperature. A total of 7969 fishes were recorded during 6 dives (October), belonging to 27 species classified in 13 families. 8 species targeted by fisheries were recorded. Fish belonged to three biogeographic provinces: Peruvian (n=3), Panamic (n=20), and the transition zone (n=4). Several trends were revealed in the vertical distribution of the fish assemblages; the highest number of species (n=19) were observed at 5 m depth but fish abundance was higher at deeper layers (30–40 m). Carnivores and planktivores were the dominant trophic groups. This study demonstrates that MX-1 oilrig represented a hotspot of fish diversity and an interesting site for studying ichthyofauna. The full removal of the decommissioned oil rig will likely have several ecological implications for the marine environment.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Introducción

Los recursos del fondo marino representan un tercio de la extracción mundial de petróleo, impulsando la construcción y despliegue de hasta 12,000 plataformas de petróleo y gas en las plataformas continentales del mundo (World Ocean Review, 2014; Pulsipher & Daniel, 2000), donde alrededor del 95% son plataformas fijas de tipo jacket (Fu, 2018). Estas estructuras se extienden a lo largo de toda la columna de agua, desde la superficie hasta el fondo marino, conformando hábitats artificiales únicos que albergan una gran biodioversidad marina, donde los peces pueden ser el grupo en generar la mayor biomasa (Sonnier et al., 1976; Frumkes, 2002; Claisse et al., 2014; Torquato et al., 2018; Meyer-Gutbrod et al., 2019; Van Elden et al., 2019; Coolen et al., 2020; Lemasson et al., 2021). La fase de decomiso de estas estructuras incluye la terminación de su operación y la eliminación de la estructura jacket, para la cual se han identificado cinco estrategias principales: i) dejar la plataforma en su lugar, ii) eliminación completa de la estructura (lo que inevitablemente conduce a la eliminación de la fauna epibentónica y asociada), y las alternativas conocidas como "reefing" que incluyen iii) corte (eliminación de la parte superior a más de 20 m bajo la superficie y la parte inferior permanece en pie), iv) volteo (la plataforma se voltea en el mismo lugar), y v) reubicación seguida de volteo (Bull & Love, 2019).

A nivel global, investigaciones previas sobre la fauna asociada a plataformas han sido predominantemente enfocadas en ensambles bioincrustantes (bentónicos) (sensu Coolen et al., 2020) e ictiofauna (Seaman et al., 1989; Fabi et al., 2004; Consoli et al., 2013; Torquato et al., 2018; Schulze et al., 2020). Estos estudios son escasos o no reportados a lo largo de la costa peruana, con solo un estudio accesible (Hooker & González, 2012). La costa peruana (>3000 km, de 3.5 a 18°S) constituye el 19% de la costa oeste de Sudamérica y se caracteriza por una intensa surgencia costera que, junto con diversos factores ambientales y biológicos, contribuye significativamente a la alta productividad del ecosistema marino peruano (Zuta & Guillén, 1970; Gutierrez et al., 2016; Ibanez-Erquiaga et al., 2018). Este proceso de surgencia enriquece la disponibilidad de nutrientes, fomentando una gran biomasa y, por ende, pesquerías a gran escala (Chavez et al., 2008). Asimismo, La costa norte de Perú alberga el 70% de la biodiversidad marina del país (Hooker, 2009; Hooker et al., 2011; Hooker & Ubillús, 2011), distribuida en tres zonas biogeográficas costeras distintas: la Provincia Panámica (3.5–4.5°S), la Provincia Peruana (6–13.5°S) y una zona de transición (5–5.5°S) (Spalding et al., 2007; Chaigneau et al., 2013; Hooker et al., 2013; Ibanez-Erquiaga et al., 2018). La costa de la región

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

de Piura, en el norte de Perú, se extiende alrededor de 400 km (4.08–6.38°S) y alberga 90 estructuras de plataformas petroleras tipo jacket en diferentes etapas operacionales (exploración, explotación o abandono) en el fondo marino.

Las plataformas petroleras proporcionan numerosos servicios ecosistémicos y funcionan como arrecifes artificiales, albergando comunidades ecológicas complejas que a menudo incluyen especies de interés comercial (Claisse et al., 2014; Friedlander et al., 2014; Sayer & Baine, 2002; Hooker & González, 2012; Ajemian et al., 2015). También brindan oportunidades para actividades de ecoturismo, como la observación de vida silvestre marina, la pesca submarina y el buceo recreativo (Shani et al., 2012; Lemasson et al., 2021). Debido a su significativo valor ecológico, pesquero y turístico como "ecosistemas nóveles", a nivel mundial existe una presión para reconocer y destacar el valor ecológico y económico de las plataformas en pie, y así optar por estrategias alternativas a la eliminación completa durante la fase de decomiso (van Elden et al., 2019; Lemasson et al., 2021). Cuando se permite, estas plataformas son sitios populares para la pesca recreativa y artesanal (Dugas et al., 1979; Jablonski, 2008). Un ejemplo ilustrativo de la superposición entre la provisión de hábitat, el ecoturismo y las actividades pesqueras era la plataforma petrolera decomisada MX-1, ubicada a 3 km de la costa de Los Órganos, Piura (Jacinto, 1996), a una profundidad máxima de 60 m (obs. pers.), donde los pescadores artesanales locales empleaban veleros tradicionales "tumpis" para pescar alrededor de la MX-1, declarados patrimonio cultural de la nación (Hooker & Ubillús, 2011; MINCUL, 2018).

Debido a la limitada información de base sobre la ictiofauna asociada a plataformas petroleras en el Pacífico Oriental Tropical, este estudio tuvo como objetivo evaluar la composición de la fauna de peces asociada a la plataforma petrolera MX-1, ubicada frente a Los Órganos, en Piura, durante la primavera austral de 2022. El estudio buscó determinar si la estructura vertical de la plataforma proporciona condiciones favorables para albergar especies de peces de varias regiones biogeográficas. También exploramos el potencial de la plataforma como facilitador de biodiversidad, con posibles beneficios indirectos para los usuarios del mar, incluidos pescadores artesanales y agencias de ecoturismo. Se planteó la hipótesis de que existe una distribución vertical de la fauna de peces a lo largo de la plataforma petrolera MX-1, con especies de importancia comercial presentes en la estructura y la mayor riqueza de especies en los estratos más superficiales, en concordancia con los resultados de otros estudios (Torquato et al., 2018).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Materiales y métodos

Área de Estudio. La plataforma MX-1 decomisada estaba situada frente a la costa de Los Órganos, Piura, Perú (4.16°S, 81.16°O), entre la zona de transición y la Provincia Panámica. Las actividades de remoción utilizando la estrategia de "corte" comenzaron oficialmente en 2023. La MX-1 era una estructura vertical de 65 m con siete niveles, seis de los cuales estaban sumergidos (a 5, 15, 26, 37, 49 y 60 m) (Petro-Tech, 2009). El sitio de muestreo se encuentra dentro de la recientemente declarada Reserva Nacional Mar Tropical de Grau (Cutipa-Luque et al., 2021; MINAM, 2023; MINAM, 2024a).

Censos visuales submarinos. Se realizaron seis inmersiones con equipo de buceo autónomo SCUBA de circuito abierto durante un periodo de seis días consecutivos en la primavera austral (octubre de 2023). La estructura se dividió verticalmente en cinco rangos de profundidad: [0–5 m], [5–10 m], [10–20 m], [20–30 m] y [30–40 m] (Hooker & González, 2012; Todd et al., 2018). Debido a restricciones de seguridad y logísticas, no se muestrearon los estratos más profundos (41-60 m). El descenso se realizó por la periferia de la plataforma para evitar perturbar a los peces. El estrato más profundo [30–40 m] fue evaluado primero para asegurar que el tiempo en el fondo no alcanzara el límite de no descompresión (NDL 8 min a 42 m) (PADI RDP). El censo visual empleó la técnica de "roving-diver survey" (Rassweiler et al., 2020), donde los buzos nadaban lentamente alrededor de los pilotes verticales, realizando un barrido cuadrado dentro de la estructura y ascendiendo gradualmente, observando los peces asociados al sustrato y la columna de agua. El área de muestreo se delimitó con un campo de visión de ~6 m², donde los peces se identificaron y contaron según metodologías previas (Cappo et al., 2006; Hooker & González, 2012; Lindfield et al., 2014; Thurstan et al., 2014; Caldwell et al., 2016). Se realizaron cinco conteos por cada estrato de profundidad, cubriendo un área total de 150 m². Se tomaron grabaciones de apoyo con una cámara GoPro Hero 6 y luces de video SOLA de 2000 lúmenes. La identificación de especies fue validada revisando las grabaciones y con el uso de literatura relevante (Chirichigno & Veléz, 1998; Humman & DeLoach, 2003; Robertson & Allen, 2015; Siccha-Ramirez et al., 2022; Fricke et al., 2023) y consultas con ictiólogos locales. La abundancia de especies fue tabulada por especie y profundidad. Las masas de agua predominantes fueron identificadas según Zuta & Guillén (1970).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Diversidad y estrategia funcional de los Ensambles de peces. Se calcularon la abundancia de peces y la diversidad alfa por estrato de profundidad. La riqueza de especies se describió mediante el índice de Margalef (1958), y los índices de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1949) y la equidad de Pielou (Pielou, 1981) se emplearon para comparar los ensambles de peces entre profundidades. El índice Chao-1 se utilizó para estimar la riqueza total de especies (Sest) y se comparó con la observada (Sobs) (Chao, 1984). La prueba de SIMPER se aplicó para identificar las especies responsables de las diferencias entre grupos de muestras (Clarke, 1993). Se usó la diversidad beta para evaluar la variación espacial en la composición de especies (Whittaker, 1960) y se realizó un análisis de conglomerados utilizando la distancia de disimilitud de Sorensen (Sorensen, 1948). Los cálculos se realizaron en PAST 4.12 (Hammer et al., 2001). La estrategia funcional de cada especie se describió utilizando seis rasgos categóricos: forma del cuerpo, tipo de nado, dieta, hábitat y nicho trófico, basados en la alimentación y locomoción (Torquato et al., 2018; Froese & Pauly, 2023) (Tab. 1).

Análisis estadísticos. Los datos de abundancia se transformaron logarítmicamente para cumplir con los supuestos de normalidad, evaluada mediante un gráfico q-q de los residuos y la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que la homogeneidad se evaluó mediante un gráfico de residuos vs. valores predichos. Se utilizó PERMANOVA de una vía para identificar diferencias entre profundidades. El escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) representó la disimilitud de los ensambles de peces entre profundidades en un espacio bidimensional. Los análisis estadísticos se realizaron con PAST 4.12 (Hammer et al., 2001).

Datos oceanográficos. La temperatura y salinidad a lo largo de la columna de agua se obtuvieron con un SonTek CastAway-CTD portátil, adjunto al arnés del buzo durante la inmersión (ACT, 2007; Patterson et al., 2011). Las masas de agua predominantes se identificaron siguiendo Zuta & Guillén (1970).

Resultados

Zonificación de los Ensambles de peces – abundancia, riqueza y diversidad

En total, se contaron 7969 peces pertenecientes a 27 especies distribuidas en 13 familias. Entre ellas, se registraron ocho especies (30%) de interés comercial (Tabla 1). Las familias Pomacentridae, Serranidae y Carangidae tuvieron mayor riqueza, con cinco especies cada una,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

seguidas por Blenniidae con tres especies. Los peces se concentraron principalmente entre las vigas transversales y los pilotes de la plataforma (Figs. 1, 2).

La dominancia de las especies varió según los estratos de profundidad. En general, los taxones más abundantes fueron la cabrilla *Paralabrax humeralis* (Valenciennes, 1828) (n=761), la cabinza roja *Cephalopholis colonus* (Valenciennes, 1846) (n=261), el sargento mayor panameño *Abudefduf troschelii* (Gill, 1862) (n=80), el jurel del pacífico sur *Trachurus murphyi* Nichols, 1920 (n=73) y el fortuno *Seriola rivoliana* Valenciennes, 1833 (n=21) (Fig. 2). El estrato más superficial (5 m) mostró la mayor riqueza taxonómica (n=19) (Fig. 1/Tabla S4), mientras que los dos estratos más profundos (20-40 m) registraron la mayor abundancia, con 351 y 442 individuos, respectivamente. En cuanto a la afiliación biogeográfica, 20 especies pertenecían a la provincia Panámica, tres a la provincia Peruana y las cuatro restantes se distribuían comúnmente en ambas provincias. El Agua Superficial Ecuatorial (ESW, por sus siglas en inglés) y el Agua Costera Fría (CCW, por sus siglas en inglés) fueron identificadas a partir del perfil oceanográfico vertical promedio, que incluyó temperatura y salinidad (Tabla S6).

Los resultados indicaron una Zonación vertical en la composición de los peces. El análisis nMDS basado en la composición del ensamble de peces mostró una clara separación por profundidad, pero con mayor similitud entre los dos estratos más superficiales (5 a 10 m) (Fig. 1). La diversidad beta indicó una diferenciación en la composición de peces a lo largo de la columna de agua (Tabla S5). El agrupamiento de Sorensen mostró una relación entre los estratos de 5–10 m y 20–30 m (Fig. S1). La dominancia de la cabrilla peruana *Paralabrax humeralis* se registró entre los 20 y 40 m, mientras que la cabrilla roja creole *C. colonus* fue la especie dominante entre los 5 y 20 m (Tabla S3). Los ensambles de peces epibentónicos fueron dominados por diferentes especies dependiendo del estrato de profundidad (Fig. 2). El número de especies disminuyó con la profundidad, indicando que las capas más someras albergaron un mayor número de especies. El número total de individuos y la dominancia aumentaron con la profundidad; así, la equidad y la equitabilidad fueron mayores en las profundidades más someras, lo que sugiere una distribución más uniforme de la abundancia entre las especies. De manera similar, los índices de diversidad de Shannon y Margalef mostraron una tendencia descendente con el aumento de la profundidad, con la mayor diversidad a los 5 y 20 m, sugiriendo que la composición del ensamble era más heterogénea hacia las zonas superficiales. La riqueza de especies estimada mediante el índice Chao-1 tendió a aumentar a menor

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

profundidad, lo que sugiere que puede haber más especies presentes de las observadas directamente en todos los estratos de profundidad. Los resultados de los índices de diversidad alfa y beta se presentan en las Tablas S4 y S5.

Estrategias funcionales

La mayoría de las especies fueron carnívoras (n=14), seguidas por omnívoras (n=6) y planctívoras (n=4) (Tabla S2). Además, los carnívoros fueron numéricamente dominantes en todos los estratos de profundidad, con una mayor dominancia en el rango más profundo (30–40 m), donde los otros grupos fueron escasos. Tanto los carnívoros como los omnívoros presentaron un mayor número de especies observadas entre los 5 y 20 m. Los peces que se alimentan de invertebrados sésiles, como el pez mariposa de tres bandas *Chaetodon humeralis* Günther, 1860, solo se registraron a 40 m. Los peces planctívoros se encontraron a lo largo de todo el rango de profundidad evaluado. El nicho trófico más alto perteneció fortuno *Seriola rivoliana* (4.5±0.7), mientras que el más bajo fue compartido por tres especies (2.0±0.0): la damisela *Stegastes flavilatus* (Gill, 1862), la chopa *Kyphosus vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825) y el blénido *Hypsoblennius brevipinnis* (Günther, 1861). La distribución de los tipos de nado entre estas especies se detalla en la Tabla S1. Quince especies exhibieron un comportamiento de tipo subcarangiforme, caracterizado por un movimiento ondulante del cuerpo, con predominio del movimiento originado en la región posterior. Los comportamientos carangiforme y labriforme fueron exhibidos por cinco especies cada uno. El pez mariposa de tres bandas *Chaetodon humeralis* fue la única especie que mostró un comportamiento de nado balistiforme. El gobio de bandas azules *Lythrypnus dalli* (Gilbert, 1890) mostró un nado de tipo diodontiforme.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Discusiones

Diversidad de peces y condiciones del hábitat

A nivel global, se han documentado exhaustivamente la composición de la ictiofauna asociada a plataformas petroleras (Barken & Cowan, 2018; Torquato et al., 2018; Bull & Love, 2019; McLean et al., 2021). Las estructuras sumergidas de las plataformas, que incluyen vigas transversales, pilotes verticales y hábitats crípticos como grietas, aumentan la complejidad del hábitat, lo que puede conducir a una alta diversidad y abundancia en las poblaciones de peces de arrecife (Friedlander et al., 2014; Bull & Love, 2019). Las plataformas decomisadas, como lo era MX-1, suelen albergar una mayor riqueza de especies en comparación con estructuras volcadas o recortadas (Bull & Love, 2019). Investigaciones recientes continúan explorando el papel de las plataformas petroleras como arrecifes artificiales y su impacto en la diversidad de peces. No obstante, el efecto de estas estructuras varía en diferentes regiones oceánicas, influenciado por condiciones ambientales y ecológicas únicas. Por ejemplo, se identificaron entre 12 y 26 especies de peces en tres plataformas petroleras al norte de la MX-1, donde el pez damisela colablanca *Azurina atrilobata* Gill, 1862 y la cabinza roja *C. colonus* fueron los más abundantes (Hooker & González, 2012). Nuestro estudio identificó y reportó la zonificación vertical de los ensambles de peces, la dominancia de *C. colonus* y 16 especies en común con el estudio mencionado, principalmente asociadas a la región Panámica. Esto puede atribuirse a condiciones oceanográficas y de hábitat similares en ambas áreas de estudio. Específicamente, la plataforma MX-1, ubicada más al sur y con mayor profundidad, puede facilitar la colonización de especies afiliadas a las regiones peruana y panámica. Esto le permitió reclutar una mayor diversidad de especies, a pesar de enfrentar presión pesquera. La presencia de especies comerciales en múltiples plataformas petroleras sugiere que estas especies no están restringidas a un solo sitio (Hooker & González, 2012), lo que indica un mayor potencial de adaptabilidad a diferentes ambientes marinos. Además, esto señala un potencial de pesca sostenible (Bull & Love, 2019), que puede aprovecharse mediante una gestión adecuada de las poblaciones de peces.

Una investigación reciente realizada a lo largo de la costa central de Perú reportó 18 especies de peces asociadas a un terminal portuario, donde se observó una distribución vertical de especies y una predominancia de peces carnívoros en varias profundidades (Pacheco et al., 2023). Además, se identificaron especies comerciales importantes, como el pez lorna *Sciaena deliciosa* (Tschudi, 1846), lo que respalda la idea de que las estructuras artificiales atraen

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

recursos biológicos entre otros taxones. Este hallazgo también sugiere el potencial de movilidad de los peces entre hábitats naturales y artificiales (Caldwell & Gergel, 2013), lo que subraya la necesidad de continuar investigando los hábitats naturales y artificiales.

La riqueza de taxones de peces alrededor de plataformas petroleras puede variar según la región marina. Por ejemplo, se han registrado 41 taxones de peces en el mar Mediterráneo (Consoli et al., 2013), 40 especies en plataformas petroleras del sur de California (Helvey, 2002) y 83 especies asociadas al campo petrolero Al Shaheen en el golfo Pérsico (Torquato et al., 2018). Investigaciones en plataformas australianas utilizando videos subacuáticos han identificado especies en peligro crítico, comportamientos únicos de peces, potenciales nuevas especies y ensambles diversos, con un total de 117 taxones de peces (McLean et al., 2021). En nuestro estudio, identificamos 27 especies de las 103 reportadas para el área de estudio (Hooker & Ubillús, 2011), pero probablemente esto subestima la riqueza real debido al limitado período de recolección de datos, las limitaciones de la metodología visual y el período puntual de muestreo (es decir, una semana de observaciones). Según el índice Chao1, la riqueza de taxones estimada (Sest) podría llegar a ser de hasta 55, lo que representa el doble del Sobs y el 20% de las 271 especies de peces costeros reportadas en Perú (Hooker, 2009). La cabrilla peruana *P. humeralis* y la cabinza roja *C. colonus* mostraron variaciones dependientes de la profundidad (Fig. 1).

La distribución de los peces se alinea estrechamente con los gradientes térmicos, ya que la temperatura generalmente disminuye con el aumento de la profundidad, lo que influye en aspectos clave de la fisiología de los peces, como el metabolismo, el crecimiento y comportamientos como la reproducción y los patrones de agregación (O'Gorman et al., 2016; Boltaña et al., 2017; van Denderen et al., 2020). Esta distribución vertical probablemente sea una respuesta conductual a la estratificación por profundidad del entorno físico (Coles & Tarr, 1990; Martin & Lowe, 2010) y a aspectos biológicos, como la disponibilidad de presas (Torquato et al., 2018). Tradicionalmente, este patrón se atribuye a la menor disponibilidad de energía, el aumento de la presión y las temperaturas más bajas con mayor profundidad. Sin embargo, la relación esperada entre la riqueza y la profundidad también puede verse influenciada por las altas tasas de producción fotosintética en las capas más superficiales (Torquato et al., 2018; Harvey et al., 2021).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Patrones de distribución larval

Los procesos oceanográficos físicos ejercen una influencia considerable sobre la distribución de larvas de peces, en escalas que varían desde unos pocos metros hasta miles de kilómetros (Victor & Wellington, 2000; Green et al., 2015; Álvarez-Noriega et al., 2020). La breve fase larval pelágica representa la principal oportunidad para la dispersión (Cowen, 2006). Por lo tanto, comprender mejor los mecanismos de dispersión larval de las especies de peces reportadas en este estudio, en particular el reclutamiento en estructuras artificiales cercanas, es fundamental para su manejo y conservación efectivos (Gaines et al., 2003; Almany et al., 2009). Además, los modelos de dispersión larval sugieren que las plataformas petroleras sirven como puntos críticos para el reclutamiento larval, donde muchas larvas que se originan cerca de las plataformas eventualmente se asientan en otras áreas de la región, un fenómeno conocido como "desbordamiento" (*spillover*) (Love et al., 2006; Buxton et al., 2014; Pondella et al., 2015). Nuestro estudio sugiere que la exportación larval de especies de interés comercial reclutadas en plataformas petroleras ha contribuido significativamente a las pesquerías locales (Fig. S3) (Pitcher & Seaman, 2000; Frumkes, 2002; Claisse et al., 2014). Algunos estudios sugieren que las plataformas petroleras podrían modificar las condiciones hidrodinámicas locales, impactando potencialmente los patrones de dispersión larval (Fodrie & Heck, 2011). Sin embargo, el alcance de esta influencia en el contexto de nuestro estudio, enfocado en una plataforma petrolera frente a la costa norte de Perú, sigue siendo incierto. Se podría hipotetizar que la plataforma actúa como un vector involuntario, generando remolinos o microcorrientes que podrían alterar el flujo natural de larvas planctónicas. Para comprender completamente esta interacción, se requiere la implementación de modelos biológicos-físicos de dispersión larval que consideren la compleja interacción de factores abióticos y bióticos que influyen en las primeras etapas de vida de los organismos marinos. Este enfoque proporcionaría una comprensión más profunda de las dinámicas de las especies de peces asociadas a las plataformas petroleras en el área de estudio.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Afiliaciones biogeográficas.

Robertson y Cramer (2008) delinearon tres provincias biogeográficas para los peces costeros en el Pacífico Este Tropical: la provincia Oceán-Isla, la provincia de Cortez y la provincia Panámica. Ampliando esto, en el contexto peruano, Ibañez-Urquiaga et al. (2018) llevaron a cabo una discusión y comparación intrincada de la bioregionalización marina propuesta durante las últimas seis décadas. Su trabajo esclareció los límites de las provincias biogeográficas costeras de peces: la provincia Panámica, la zona de transición y la provincia Peruana, tal como lo introdujo Hooker (2009). El área de nuestro estudio está situada en la interfaz entre la zona de transición y la provincia Panámica (Ibañez-Erquiaga et al., 2018). La plataforma petrolera MX-1 sirvió como refugio para especies provenientes de diferentes provincias biogeográficas, específicamente la provincia Panámica (n=20 especies) y la provincia Peruana (n=3). En Perú, el flujo principal hacia el ecuador del sistema de Humboldt puede dictar la trayectoria de la dispersión larval hacia latitudes más bajas (Brochier et al., 2013). Intrigantemente, las diferentes fases del Oscilación Sur-El Niño (ENSO) introducen dinamismo en la distribución de especies, potencialmente modulando la composición de la comunidad a través de la biota planctónica, bentónica y de peces (Tarazona et al., 2003; Hooker, 2008; Miloslavich et al., 2011). Hemos observado a la pintadilla *Cheilodactylus variegatus* Valenciennes, 1833, 150 km más al norte de su rango de distribución más septentrional previamente informado (Chirichigno & Vélez, 1998), lo cual puede ser atribuido a la fase La Niña (fría) en 2022 (ICEN= -1.39) (Li et al., 2022; MINAM, 2024b). Adicionalmente, las fluctuaciones en la abundancia de la cabrilla peruana *Paralabrax humeralis* han sido vinculadas tanto a eventos ENSO como a eventos LNSO (Adams & Flores, 2016). Al registrar sistemáticamente los ensambles de peces y monitorear la abundancia de especies centinelas identificadas en arrecifes artificiales en el Pacífico Este Tropical, podemos discernir los impactos de los eventos ENSO en la dinámica y gestión de las especies objetivo de la pesca. Se ha reportado que las plataformas petroleras actúan como un factor que atribuye la dispersión y colonización de peces al aumentar la disponibilidad de hábitats preferidos y la conectividad dentro de las poblaciones (Mclean et al., 2022). La conectividad del hábitat facilitada por las plataformas ocurre tanto vertical como horizontalmente (influenciada por termoclinas o corrientes) (Mclean et al., 2022). El movimiento de peces entre plataformas petroleras y las áreas circundantes puede influir en la conectividad del paisaje marino al alterar el acoplamiento bentopelágico (Reeves et al., 2018) y el transporte de nutrientes (Layman et al., 2013). La presencia de miles de peces adultos y juveniles en una plataforma sugiere que la plataforma no estaba atrayendo a estos organismos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

desde arrecifes naturales, donde la mayoría de los peces reportados son bentopelágicos (Torquato et al., 2018). No obstante, es crucial evaluar la composición de la ictiofauna desde las costas, arrecifes rocosos y estructuras artificiales cercanas al área de muestreo para identificar enlaces y conectividad del hábitat en el área circundante. El estudio de factores oceanográficos y la dispersión larval pueden explicar en gran medida la diversidad de peces registrada en el presente estudio, pero se requiere más investigación para comprender la escala y dinámica más amplia de un conjunto de plataformas petroleras como una estructura compleja de agregación de peces (Snodgrass et al., 2020). La mayoría de las especies objetivo de la pesca eran pelágicas (Tab. S1). Nuevos hábitats tipo arrecife, como las plataformas petroleras, aumentan la abundancia local de peces y actúan como dispositivos de agregación de peces (FAD) que pueden ser explotados por los pescadores (Fig. S3) (Polovina, 1991; Snodgrass et al., 2020). No obstante, el aumento de la presión pesquera alrededor de estas estructuras podría contribuir a la disminución de las poblaciones de peces a largo plazo (Jagerroos & Krause, 2016). Los arrecifes artificiales proporcionan refugio de las corrientes y alimento para los depredadores, constituyendo sitios para reproducción, alimentación e incubación; y brindando un anclaje para los organismos asociados a los arrecifes (Jagerroos & Krause, 2016). Habiendo identificado ocho especies comerciales (Figs. 1, 2, S3), destacamos la capacidad del hábitat para albergar especies de interés comercial, sugiriendo que MX-1 estaba contribuyendo a la productividad de los stocks pesqueros, como los arrecifes petroleros de Tumbes en Perú y otras regiones del mundo (Durand & Seminario, 2009; Hooker & Gonzales, 2012; Barker et al., 2018; Clarke et al., 2021; Harvey et al., 2021; Mclean et al., 2022).

Hábitos alimenticios

Las especies de peces han evolucionado una variedad de adaptaciones para enfrentar estas condiciones cambiantes, lo que lleva a preferencias y distribuciones específicas de profundidad. La mayor complejidad de las plataformas petroleras incrementa la disponibilidad de superficie para algas epífitas e invertebrados sésiles, lo que a su vez aumenta la disponibilidad de herbívoros y, consecuentemente, de sus depredadores (Petraitis, 1990; Fuchs, 2013; Garner et al., 2019; Young et al., 2019; Harvey et al., 2021). Algunas especies de peces pueden estar completamente atraídas por las plataformas, mientras que otras pueden beneficiarse de la mayor producción secundaria en las plataformas (Bull & Love, 2019), lo que contribuye al flujo de energía hacia los grupos tróficos superiores (García-Godos et al., 2007; Páez-Rosas et al., 2020). La presencia de herbívoros entre 5 y 20 m podría estar relacionada

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

con el uso fotosintético de la luz por parte de las macroalgas marinas a través de su pigmentación, que limita su distribución vertical (Raven & Hurd, 2012). Por lo tanto, el efecto de la penetración de luz puede reflejarse en la distribución vertical de los peces herbívoros, que son raros en capas más profundas (Torquato et al., 2018). Como herbívoros, el género *Stegastes* se alimenta principalmente de algas filamentosas que crecen en la superficie bentónica y generalmente son solitarios, protegiendo pequeños territorios y formando parejas solo durante la temporada reproductiva (Aguilar-Medrano et al., 2011). Además, la familia *Kyphosidae* se caracteriza por ser importante alimentadora de macroalgas (Knudsen et al., 2019), excepto el choclo *Kyphosus ocyurus* (Jordan & Gilbert, 1882), que mantiene una dieta juvenil de zooplancton, complementada con algas (Allen & Robertson, 1994). Los kyphosidos juveniles parecen permanecer pelágicos (Leis & Carson-Ewart, 2000) dispersándose por deriva (Paulay & Meyer, 2006; Casazza & Ross, 2008), cruzando barreras oceánicas (Pfaller et al., 2019) y arribando a una variedad de hábitats arrecifales como las plataformas petroleras. MX1 proporcionaba a los peces un mayor acceso a fuentes de alimentos planctónicos desde todos los niveles de la columna de agua cerca del refugio de la estructura de la plataforma (Harvey et al., 2021). Además, los alimentadores zooplanctónicos registrados entre 5 y 30 m eran especies de banco, ya que todos los individuos dentro del grupo estaban orientados en la misma dirección, situados a una cierta distancia entre sí, y el banco en su totalidad mantiene su naturaleza unitaria durante los movimientos sincronizados (Pavlov & Kasumyan, 2000; Aguilar-Mendrano et al., 2011). En particular, los géneros *Abudefduf*, *Azurina* y *Chromis* viven en grupos y son territoriales solo durante la temporada reproductiva (Aguilar-Mendrano et al., 2011). Además, *Abudefduf troschelii* ocurre principalmente a lo largo de costas rocosas poco profundas, arrecifes de coral o arrecifes artificiales (Aguilar-Mendrano et al., 2011), forrajeando en zooplancton en agregaciones o protegiendo su nido (cuidado parental) (Aguilar-Mendrano et al., 2011). Los carnívoros, como la familia *Cirrhitidae* (peces halcón) se encuentran generalmente en el sustrato del arrecife, que les ofrece protección contra los depredadores y un lugar estratégico para cazar peces pequeños e invertebrados (Hooker, 2009; Schmitt et al., 2009) (Fig. S2). La densidad de los escorpaénidos era mayor en los pilotes, que se extienden hasta profundidades de 20–40 m desde la estructura; el mismo patrón se reportó en el Mar Adriático del Norte, donde la presencia de escorpaénidos puede estar relacionada con la disponibilidad de presas o un hábitat adecuado (Scarcella et al., 2011). Hipotetizamos que los pilotes y las vigas transversales cambian el flujo de agua y la intensidad de las corrientes, favoreciendo a los peces para capturar alimento (Fernández-Álamo & Färber-Lorda, 2006). Además, la alta disponibilidad de recursos alimenticios como plancton, invertebrados y

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

peces podría ser una de las principales razones detrás de la dominancia observada de peces carnívoros alrededor del MX-1, como se reportó en aguas qataríes (Torquato et al., 2018)El sustrato duro de la plataforma sumergida proporciona un hábitat para invertebrados sésiles, lo que aumenta la rugosidad del sustrato y proporciona espacio adecuado para invertebrados móviles y pequeños peces alimentadores, como la mariposa de tres bandas *Chaetodon humeralis* (Dominic-Arosemena et al., 2005; Layman & Allgeier, 2020). Los diversos comportamientos de natación exhibidos por los peces asociados a la plataforma petrolera muestran una gama de adaptaciones y estrategias locomotoras dentro de este ecosistema (Blake, 2004).

La literatura está repleta de definiciones de especies crípticas (Bickford et al., 2007; Struck & Cerca De Oliveira, 2019), considerando a las especies crípticas como sinónimos de 'especies hermanas' (Saez & Lozano, 2005), o especies camufladas o secretivas (Claridge et al., 2004) que pueden evitar ser detectadas (Encel & Ward, 2021). El nivel de actividad de los individuos puede influir en la probabilidad de detección (Caldwell et al., 2016). Algunas de las especies bentónicas crípticas podrían estar subestimadas también, debido a las limitaciones de la metodología establecida, que se enfoca principalmente en especies pelágicas y bentopelágicas, y al uso de cámaras de ángulo amplio para filmar especies pequeñas como blénidos y góbidos (Fig. S2). Implementar encuestas de peces crípticos (Bessey et al., 2023) podría permitirnos alcanzar la riqueza estimada y la abundancia de ensambles de peces en plataformas petroleras, pero requiere más tiempo de muestreo o dos buzos adicionales que se enfoquen en métodos crípticos.

La presencia de los buzos puede afectar el comportamiento de los peces, alterando los patrones de natación (Scarcella et al., 2011). Los peces evitan a los buzos debido al sonido de las burbujas producidas por el SCUBA de circuito abierto (Lindfield et al., 2014). Nuestra presencia perturbó a algunas especies de peces como el mero estrellado *Epinephelus labriformis* (Jenyns, 1840), el blenio de bandas grandes *Ophioblennius steindachneri* (Jordan & Evermann, 1898) y el bass de aletas largas *Pronotogrammus multifasciatus* (Gill, 1863). Además, algunos peces mostraron un comportamiento perturbado en reacción a las luces de video durante el muestreo entre 30 y 40 m, dificultando su identificación. Contrariamente, la cabinza roja *C. colonus* fue más atraído por las burbujas emitidas por los buzos. Debido a ello, los autores han demostrado que el uso de metodologías alternativas, como los respiradores de circuito cerrado (CCR) y vehículos no tripulados, es efectivo para estimar la estructura de la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

comunidad de peces, la distribución espacial de los individuos y la diversidad funcional (Lindfield et al., 2014; Ajemian et al., 2015; De Juan et al., 2015; Torquato et al., 2018). En el Golfo de México, se hicieron evaluaciones más rápidas de las comunidades de peces asociadas a los arrecifes utilizando la metodología de sonar de barrido lateral. Correlacionar imágenes hidroacústicas y datos oceanográficos puede utilizarse para responder preguntas a escala macro que serían más difíciles con métodos visuales (Bollinger & Kline, 2017). Futuras investigaciones deberían considerar qué metodología se adapta mejor a los objetivos de investigación establecidos.

Desmantelamiento o servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos proporcionados por MX-1 fueron evidentes: provisión de alimentos, recursos genéticos animales, favoreciendo la dispersión larval y actividades recreativas, como se ha reportado para muchas otras plataformas petroleras (MEA, 2005; Jagerroos & Krause, 2016; Villéger et al., 2017; Sommer et al., 2019; Lemasson et al., 2021). Se requiere una vigilancia sostenida de las interacciones entre cuerpos de agua y provincias biogeográficas marinas y su impacto en la composición de peces en el norte de Perú. Esta investigación contribuirá con conocimientos valiosos para los esfuerzos de conservación de estos ecosistemas diversos y productivos en medio de los cambios ambientales en curso. Durante la fase de desmantelamiento, una plataforma petrolera puede ser completamente retirada, devolviendo el fondo marino subyacente a su condición previa sin obstrucciones (Bull & Love, 2019). La eliminación completa de una plataforma probablemente eliminará la mayor parte de la biomasa de organismos sésiles y desplazará a la fauna móvil asociada, principalmente peces (Pondella et al., 2015), afectando así los recursos biológicos y los servicios ecosistémicos (Jagerroos & Krause, 2016). La orden de desmantelamiento para retirar la plataforma petrolera MX-1, incluida como parte del cierre del Lote Z-2B, se emitió mediante la Resolución Directoral R.D. Nº079-2022-MINEM/DGAAH (MINEM, 2022), aplicándose la estrategia de desmantelamiento por corte. Esta acción ignoró el posible valor ecológico de MX-1 y la oportunidad de gestionarla bajo un enfoque de "rig-to-reef" (es decir, convertir plataformas confiscadas en arrecifes artificiales, aprovechando los servicios ecosistémicos proporcionados por la estructura, lo que genera compensaciones sociales y ecológicas) (Fowler et al., 2014; Henrion et al., 2015; Bull & Love, 2019; Sommer et al., 2019; Lemasson et al., 2021). Además, el conocimiento de las trayectorias de dispersión de larvas podría permitir la colocación estratégica de sitios "rigs-to-reef", seleccionando y arrecifando plataformas

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

petroleras específicas, para aumentar la colonización y el éxito del reclutamiento que de otro modo se perdería debido a condiciones inhóspitas (Cowen & Sponaugle, 2009). La pesca y el buceo alrededor de plataformas offshore son un componente importante de la industria turística local. Los pescadores artesanales, pescadores deportivos y buceadores recreativos generalmente apoyan los programas "Rigs-to-Reefs", lo que crea cientos de empleos (Stanley & Wilson, 1989; Frumkes, 2002; Jagerroos & Krause, 2016; Van Elden et al., 2019). No obstante, el estilo de vida de las personas que viven de actividades pesqueras y turísticas se verá afectado, aunque los detrimentos y beneficios ecológicos y sociales del despliegue de arrecifes artificiales a medio y largo plazo siguen siendo desconocidos.

La plataforma petrolera MX-1 decomisada funcionó como un dispositivo de agregación de peces (FAD), proporcionando un hábitat de 150 m² para poblaciones significativas de peces. Nuestro estudio registró un total de 27 especies, siendo la mayoría (20) de afiliación biogeográfica a la provincia marina Panámica. La mayor riqueza taxonómica se registró a una profundidad de 5 m, mientras que la mayor abundancia de peces se encontró en los estratos más profundos evaluados. El perfil vertical estaba predominantemente poblado por especies carnívoras y planctívoras. La estructura estaba sirviendo como hábitat para especies de importancia comercial. Entre las ocho especies de peces de interés comercial identificadas, el jack mackerel chileno *Trachurus murphyi* fue la especie pelágica más importante, crucial para la pesca en Perú (Csirke, 2013). Nuestra investigación confirmó una distribución vertical de los peces alrededor de la plataforma petrolera decomisada MX-1. Este estudio contribuye a nuestra comprensión del papel ecológico de estos arrecifes artificiales en el ambiente marino y su contribución al ensamble de peces en el norte de Perú (Pacífico Oriental Tropical). Sin embargo, dado que el desmantelamiento de MX-1 es inminente, podría afectar el ecosistema formado durante su fase operativa, incluyendo las poblaciones de peces que dependen de la plataforma. Persiste una pregunta significativa: tras la eliminación de la plataforma petrolera MX-1, ¿dónde se reubicará la biomasa de peces y cómo cambiará el espacio marino en ausencia de este arrecife artificial?

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Referencias bibliográficas

Adams GD, Flores D. Influencia de El Niño Oscilación del Sur en la disponibilidad y abundancia de recursos hidrobiológicos de la pesca artesanal en Ica, Perú. Revista de biología marina y oceanografía. 2016;*51*(2), 265-272.

Aguilar-Medrano R, Frederich B, De Luna E, Balart EF. Patterns of morphological evolution of the cephalic region in damselfishes (Perciformes: Pomacentridae) of the Eastern Pacific. Biological Journal of the Linnean Society. 2011; 102(3), 593-613.

Ajemian, MJ, Wetz JJ, Shipley-Lozano B, Shively JD, Stunz GW. An Analysis of Artificial Reef Fish Community Structure along the Northwestern Gulf of Mexico Shelf: Potential Impacts of "Rigs-to-Reefs" Programs. PLOS ONE. 2015; 10(5), e0126354. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126354

Allen, GR, Robertson DR. Fishes of the tropical eastern Pacific. University of Hawaii Press. 1994.

Almany GR, Connolly SR, Heath DD, Hogan JD, Jones GP, McCook LJ, Mills M, Pressey RL, Williamson DH. Connectivity, biodiversity conservation, and the design of marine reserve networks for coral reefs. Coral Reefs. 2009*;* 28, 339–351.

Álvarez-Noriega M, Burgess SC, Byers JE, Pringle JM, Wares JP, Marshall DJ. Global biogeography of marine dispersal potential. Nature Ecology & Evolution. 2020; doi:10.1038/s41559-020-1238-y

Barker VA, Cowan JH. The effect of artificial light on the community structure of reef-associated fishes at oil and gas platforms in the northern Gulf of Mexico. Environmental Biology of Fishes. 2018; 101, 153-166.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Bertrand A, Barbieri MA, Gerlotto F, Leiva F, Córdova J. Determinism and plasticity of fish schooling behaviour as exemplified by the South Pacific jack mackerel *Trachurus murphyi*. Marine Ecology Progress Series. 2006; 311, 145-156.

Bessey C, Depczynski M, Goetze JS, Moore G, Fulton CJ, Snell M, Parsons SK, Berry O, & Wilson S. Cryptic biodiversity: A portfolio-approach to coral reef fish surveys. Limnology and Oceanography- 2. 2023; Methods, 21(10). https://doi.org/10.1002/lom3.10567.

Bickford D, Lohman DJ, Sodhi NS, Ng PKL, Meier R, Winker K, Ingram KK, Das I. Cryptic species as a window on diversity and conservation. Trends in Ecology & Evolution. 2007; 22(3), 148-155. https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.11.004

Blake RW. Fish functional design and swimming performance. Journal of fish biology. 2004; 65(5), 1193-1222.

Bollinger MA, Kline RJ. Validating sidescan sonar as a fish survey tool over artificial reefs. Journal of Coastal Research. 2017; 33(6), 1397-1407.

Boltaña S, Sanhueza N, Aguilar A, Gallardo-Escarate C, Arriagada G, Valdes JA, Soto D, Quiñones RA. Influences of thermal environment on fish growth. Ecology and Evolution. 2017; 7(17), 6814-6825. https://doi.org/10.1002/ece3.3239

Bull AS, Love MS Worldwide oil and gas platform decommissioning: A review of practices and reefing options. Ocean & Coastal Management. 2019; 168, 274-306. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.10.024

Buxton CD, Hartmann K, Kearney R, Gardner C. When is spillover from marine reserves likely to benefit fisheries?. PloS one. 2014; 9(9), e107032.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Brochier T, Echevin V, Tam J, Chaigneau A, Goubanova K, Bertrand A. Climate change scenarios experiments predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system. Global Change Biology. 2013; 19(6), 1841–1853. doi:10.1111/gcb.12184

Caldwell IR & Gergel SE. Thresholds in seascape connectivity: influence of mobility, habitat distribution, and current strength on fish movement. Landscape Ecology. 2013; 28, 1937-1948.

Caldwell ZR, Zgliczynski BJ, Williams GJ, Sandin SA. Reef Fish Survey Techniques: Assessing the Potential for Standardizing Methodologies. PLoS ONE. 2016; 11(4): e0153066. doi:10.1371/journal.pone.0153066

Cappo M, Harvey E, Shortis M. Counting and measuring fish with baited video techniques-an overview. In Australian Society for Fish Biology Workshop Proceedings. 2006; (Vol. 1, pp. 101-114). Tasmania: Australian Society for Fish Biology.

Casazza TL, Ross SW. Fishes associated with pelagic Sargassum and open water lacking Sargassum in the Gulf stream off North Carolina. Fishery Bulletin. 2008; 106, 348–363.

Chao A. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. Scandinavian Journal of statistics. 1984; 265-270.

Chaigneau A, Dominguez N, Eldin G, Vasquez L, Flores R, Grados C, Echevin V. Near-coastal circulation in the Northern Humboldt Current System from shipboard ADCP data. Journal of Geophysical Research: Oceans. 2013; 118(10), 5251-5266.

Chavez FP, Bertrand A, Guevara-Carrasco R, Soler P, Csirke J. "The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future." Progress in Oceanography. 2008; 79(2-4), 95-105.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Chirichigno N, Vélez J. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú, Publicación Especial, Callao. 1998; 503 pp.

Claridge AW, Mifsud G, Dawson J, Saxon MJ. Use of infrared digital cameras to investigate the behaviour of cryptic species. Wildlife Research. 2004; 31(6), 645-650.

Clarke KR. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. Australian Journal of Ecology. 1993; 18:117-143.

Clarke KR, Gorley RN. Primer. PRIMER-e, Plymouth, 2006; 866.

Clarke KR, Gorley RN, Somerfield PJ, Warwick RM. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2014; 3rd edn. Primer-E Ltd. http://plymsea.ac.uk/id/eprint/7656/

Clarke KR, Warwick RM Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2001; 2d edn.. Plymouth: PRIMER-E Ltd.

Clarke TM, Reygondeau G, Wabnitz C, Robertson R, Ixquiac-Cabrera M, López M, Ramírez Coghi AR, del Río Iglesias JL, Wehrtmann I, Cheung WWL. Climate change impacts on living marine resources in the Eastern Tropical Pacific. Diversity and Distributions, 2021; 27(1), 65-81. https://doi.org/10.1111/ddi.13181

Coles SL, Tarr AB. Reef fish assemblages in the western Persian Gulf: a geographically isolated population in an extreme environment. Bulletin of Marine Science. 1990; 47, 696–720

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Consoli P, Romeo T, Ferraro M, Sarà G, & Andaloro F. Factors affecting fish assemblages associated with gas platforms in the Mediterranean Sea. Journal of Sea Research. 2013; 77, 45-52.

Coolen JWP, Weide BVD, Cuperus J, Blomberg M, Moorsel GWNMV, Faasse MA, Bos OG, Degraer S, Lindeboom HJ. Benthic biodiversity on old platforms, young wind farms, and rocky reefs. ICES Journal of Marine Science. 2020; 77(3), 1250-1265. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy092

Cowen RK. Scaling of Connectivity in Marine Populations. Science, 2006; *311(5760), 522–527.* doi:10.1126/science.1122039

Cowen RK, Sponaugle S. Larval dispersal and marine population connectivity. Annual review of marine science. 2009;1, 443-466.

Csirke J. El Jurel *Trachurus murphy* en el Perú. Revista peruana de biología. *2013;20*(1), 5-8.

Cutipa-Luque LM, Alvariño L & Iannacone J. Situación actuales de las áreas marinas protegidas en el Perú y propuestas de conservación. Paideia XXI. 2020; 10(2), 573–612. https://doi.org/10.31381/paideia.v10i2.3446

De Juan S, Hewitt J, Thrush S, Freeman D. Standardizing the assessment of functional integrity in benthic ecosystems. Journal of Sea Research. 2015; 98, 33–41. https://doi.org/10.1016/j.seares.2014.06.001

Dominici-Arosemena A, Brugnoli-Olivera E, Cortés J, Molina-Ureña H, Quesada-Alpizar M. Community structure of eastern Pacific reef fishes (Gulf of Papagayo, Costa Rica). Tecnociencia, 2005; 7(2), 19-41.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Dugas R, Guillor Y & Fischer M. Oil rigs and offshore sport fishing in Louisiana. Fisheries. 1979; 4(6), 2-10.

Durand NS, & Seminario MG. Status of and trends in the use of small pelagic fish species for reduction fisheries and for human consumption in Peru. Fish as feed inputs for aquaculture. 2009; 325.

Encel SA, Ward AJ. Social context affects camouflage in a cryptic fish species. Royal Society Open Science, 2021; 8(10), 211125.

Fernández-Álamo MA, Färber-Lorda J. Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography, 2006; 69(2-4), 318-359.

Fabi G, Grati F, Puletti M, Scarcella G. Effects on fish community induced by installation of two gas platforms in the Adriatic Sea. Marine Ecology Progress Series. 2004; 273, 187-197.

Fodrie FJ, Heck JrKL. Response of coastal fishes to the Gulf of Mexico oil disaster. PloS one. 2011; 6(7), e21609.

Fowler AM, Macreadie PI, Jones DOB, Booth DJ A multi-criteria decision approach to decommissioning of offshore oil and gas infrastructure. Ocean Coast. Manag. 2014; 87, 20–29. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2013.10.019

Fu F. Design of Offshore Structures. Design and Analysis of Tall and Complex Structures.2018;251–293. doi:10.1016/b978-0-08-101018-1.00008-3

Fuchs T. Effects of habitat complexity on invertebrate biodiversity. Immed. Sci. Ecol. 2013; 2, 1–10.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Fricke R, Eschmeyer WN & Van der Laan R. Catalog of fishes: genera, species, references. California Academy of Sciences, San Francisco, CA, USA. 2018.

Friedlander AM, Ballesteros E, Fay M, Sala E. Marine communities on oil platforms in Gabon, West Africa: high biodiversity oases in a low biodiversity environment. PLoS One, 2014; 9(8), e103709.

Froese R & Pauly D. Editors. FishBase. World Wide Web electronic publication.2023; www.fishbase.org, version (02/2023).

Frumkes DR. The status of the California Rigs-to-Reefs Programme and the need to limit consumptive fishing activities. ICES Journal of Marine Science, 2002; 59(suppl), S272-S276.

Gaines SD, Gaylord B, Largier JL. Avoiding current oversights in marine reserve design. Ecological Applications. 2003; 13, S32–S46.

Gallaway, B. J., & Lewbel, G. S. The ecology of petroleum platforms in the northwestern Gulf of Mexico: a community profile (Vol. 82, No. 3). US Department of the Interior, Bureau of Land Management, Fish and Wildlife Service. 1982.

García-Godos I, Van Waerebeek K, Reyes JC, Alfaro-Shigueto J, Arias-Schreiber M. Prey occurrence in the stomach contents of four small cetacean species in Peru. Latin American Journal of Aquatic Mammals. 2007; 171-183.

Garner SB, Boswell KM, Lewis JP, Tarnecki JH, Patterson WF. Effect of reef morphology and depth on fish community and trophic structure in the northcentral Gulf of Mexico. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2019; 230, 106423. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106423

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Gates, A. R., Horton, T., Serpell-Stevens, A., Chandler, C., Grange, L. J., Robert, K., Bevan, A., & Jones, D. O. B. Ecological Role of an Offshore Industry Artificial Structure. Frontiers in Marine Science. 2019; 6. Scopus. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00675

Green AL, Maypa AP, Almany GR, Rhodes KL, Weeks R, Abesamis RA, Gleason MG, Mumby PJ, White AT. Larval dispersal and movement patterns of coral reef fishes, and implications for marine reserve network design. Biological Reviews. 2015; 90(4), 1215-1247. https://doi.org/10.1111/brv.12155

Gutiérrez D, Akester M & Naranjo L. Productivity and sustainable management of the Humboldt current large marine ecosystem under climate change. Environmental Development. 2016; 17, 126-144.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Palentological Statistics software package for education and data analysis. Paleontologıa Electronica. 2001; 4, 1–9.

Harvey ES, Watts SL, Saunders BJ, Driessen D, Fullwood LAF, Bunce M, Songploy S, Kettratad J, Sitaworawet P, Chaiyakul S, Elsdon TS, Marnane MJ Fish Assemblages Associated With Oil and Gas Platforms in the Gulf of Thailand. Frontiers in Marine Science. 2021; 8. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.664014

Helvey M. Are southern California oil and gas platforms essential fish habitat?. ICES Journal of Marine Science. 2002; 59 (suppl), S266-S271.

Henrion M, Bernstein B, Swamy S. A multi-attribute decision analysis for decommissioning offshore oil and gas platforms. Integr. Environ. Assess. Manag. 2015;11, 594–609. doi: 10.1002/ieam.1693

Hooker Y. Nuevos registros de peces costeros tropicales para el Perú. Revista peruana de Biología. 2009; 16(1), 33-41.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Hooker Y, Gonzales A. Capitulo 1: Las plataformas petroleras del norte peruano como centros debiodiversidad y conservación de especies amenazadas. En: Plataformas Petroleras marinas como arrecifesArtificiales y su Implicancia en la Pesca Artesanal en la Zona de Tumbes. Fundación Zuñiga y Ribero. 2012; ISBM:978-612-00-0955-0. 171 p.

Hooker Y, Prieto-Rios E, Solís-Marín FA. Echinoderms of Peru. Echinoderm research and diversity in Latin America. 2013; 277-299.

Hooker Y, More A & Ubillus O. Propuesta de Creación de La Reserva Nacional Isla Foca. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/299584285_PROPUESTA_DE_CREACION_DE_LA_RESERVA_NACIONAL_ISLA_FOCA reportes técnicos.2011.

Humman P, DeLoach N. Reef fish identification: Galapagos. New world publications. 2003

Ibanez-Erquiaga B, Pacheco AS, Rivadeneira MM, Tejada CL. Biogeographical zonation of rocky intertidal communities along the coast of Peru (3.5–13.5 S Southeast Pacific). PloS one. 2018; 13(11), e0208244.

Jablonski, S. The interaction of the oil and gas offshore industry with fisheries in Brazil: the" Stena Tay" experience. Brazilian Journal of Oceanography. 2008; 56, 289-296.

Jagerroos S, Krause P. Rigs-To-Reef; Impact or Enhancement on Marine Biodiversity. Journal of Ecosystem & Ecography. 2016; 6(2). https://doi.org/10.4172/2157-7625.1000187

Jacinto ME, Chávez JH, Martínez CG & Guzmán MR. Evaluación de la Calidad del medio marino en la Bahía de Talara. Informe progresivo Instituto del Mar del Perú. 1996; 41: 19 – 35.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Kingsford MJ. Fish attraction devices (FADs) and experimental designs. Scientia Marina. 1999; 63(3-4), 181-190.

Kolian SR, Sammarco PW. Densities of reef-associated fish and corals on offshore platforms in the Gulf of Mexico. Bulletin of Marine Science. 2019; 95(3), 393-407.

Knudsen SW, Choat JH, Clements KD. The herbivorous fish family Kyphosidae (Teleostei: Perciformes) represents a recent radiation from higher latitudes. Journal of Biogeography, 2019; 46(9), 2067-2080.

Layman CA, Allgeier JE, Yeager LA, Stoner EW. Thresholds of ecosystem response to nutrient enrichment from fish aggregations. Ecology, 2013; 94, 530–536. https://doi.org/10.1890/12-0705.1

Layman CA, Allgeier JE. An ecosystem ecology perspective on artificial reef production. Journal of Applied Ecology. 2020; 57(11), 2139-2148. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13748

Lemasson AJ, Knights AM, Thompson M, Lessin G, Beaumont N, Pascoe C, Queirós AM, McNeill L, Schratzberger M, Somerfield PJ. Evidence for the effects of decommissioning man-made structures on marine ecosystems globally: A systematic map protocol. Environmental Evidence. 2021; 10(1), 4. https://doi.org/10.1186/s13750-021-00218-y

Li X, Hu ZZ, Tseng YH, Liu Y, Liang P. A historical perspective of the La Niña event in 2020/2021. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2022; 127(7), e2021JD035546.

Lindfield SJ, Harvey ES, McIlwain JL, Halford AR. Silent fish surveys: bubble-free diving highlights inaccuracies associated with SCUBA-based surveys in heavily fished areas. Methods in Ecology and Evolution. 2014; 5(10), 1061-1069.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Love MS, Kui L, Claisse JT. The role of jacket complexity in structuring fish assemblages in the midwaters of two California oil and gas platforms. Bulletin of Marine Science. 2019; 95(4), 597-615.

Love MS, Schroeder DM, Lenarz W, MacCall A, Bull AS, Thorsteinson L. Potential use of offshore marine structures in rebuilding an overfished rockfish species, bocaccio (*Sebastes paucispinis*). Fishery Bulletin. 2006; 104(3), 383-390.

Magurran AE. Ecological diversity and its measurement. Princeton university press. 1988.

Margalef R. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *Perspectives in Marine Biology*. 1958.

Martin CJ & Lowe CG. Assemblage structure of fish at offshore petroleum platforms on the San Pedro Shelf of southern California. Marine and Coastal Fisheries. 2010; 2(1), 180-194.9

McLean D, Bond T, Harvey ES, Ierodiaconou D, Cure K, Taylor M, Whitmarsh S, Sih T, Macreadie PI, McLean D, Bond T, Harvey ES, Ierodiaconou D, Cure K, Taylor M, Whitmarsh S, Sih T, Macreadie PI. Importance of Australia's offshore oil and gas infrastructure for fish. The APPEA Journal. 2021; 61(2), 429-437. https://doi.org/10.1071/AJ20106

McLean DL, Ferreira LC, Benthuysen JA, Miller KJ, Schläppy ML, Ajemian MJ, Berry O, Birchenough SNR, Bond T, Boschetti F, Bull AS, Claisse JT, Condie SA, Consoli P, Coolen JW P, Elliott M, Fortune IS, Fowler AM, Gillanders BM, Thums, M. Influence of offshore oil and gas structures on seascape ecological connectivity. Global Change Biology. 2022; 28(11), 3515-3536. https://doi.org/10.1111/gcb.16134

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Meyer-Gutbrod EL, Kui L, Nishimoto MM, Love MS, Schroeder DM, Miller RJ. Fish densities associated with structural elements of oil and gas platforms in southern California. Bulletin of Marine Science. 2019; 95(4), 639-656. Scopus. https://doi.org/10.5343/bms.2018.0078

Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water; World Resources Institute: Washington, DC, USA, 2005; Available online: https://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf

Miloslavich P, Klein E, Díaz JM, Hernandez CE, Bigatti G, Campos L, Artigas F, Castillo J, Penchaszadeh P, Neill P, Carranza A, Retana M, Diaz de Astarloa J, Lewis M, Yorio P, Piriz M, Rodriguez D, Yoneshigue-Valentin Y, Gamboa L, & Martín A. Marine biodiversity in the Atlantic and Pacific coasts of South America: knowledge and gaps. PloS one.2011; 6(1), e14631.

Mindel BL, Neat FC, Trueman CN, Webb TJ, Blanchard JL. Functional, size and taxonomic diversity of fish along a depth gradient in the deep sea. PeerJ. 2016; 4, e2387.

Ministerio de Medio Ambiente. Resolución Ministerial Nº 295-2023. El Peruano.2023

Ministerio de Medio Ambiente. Decreto Supremo N.° 003-2024-MINAM. El Peruano, 2024ª

Ministerio de Medio Ambiente. Instituto Geofísico del Perú. Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera. Eventos El Niño y La Niña Costeros. 2024b

Ministerio de Cultura. Resolución Vice Ministerial No 117-2018. El Peruano. 2018

Ministerio de Energía y Minas. Resolución Directoral R.D. Nº079-2022-MINEM/DGAAH. El Peruano. 2022; https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/2922252-079-2022-minem-dgaah

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Moreno B. Keeping track of scientific dives in countries with incipient diving programmes: the SciDive record forms. Polish Hyperbaric Research. 2020; 3(72), 29-38. https://doi.org/10.2478/phr-2020-0015

O'Gorman EJ, Ólafsson ÓP, Demars BOL, Friberg N, Guðbergsson G, Hannesdóttir ER, Jackson MC, Johansson LS, McLaughlin ÓB, Ólafsson JS, Woodward G, Gíslason GM. Temperature effects on fish production across a natural thermal gradient. Global Change Biology. 2016; 22(9), 3206-3220. https://doi.org/10.1111/gcb.13233

Pacheco AS, Moran-Valverde J, Aguilar S, Vildoso B & Vélez-Zuazo X. Fish assemblages at the surroundings of a port terminal of liquefied natural gas in the central coast of Peru. Environmental Biology of Fishes.2023; 1-12.

Páez-Rosas D, Galván-Magaña F, Baque-Menoscal J, Tripp-Valdez A, Fischer C, Hearn A. Trophic preferences of three pelagic fish inhabiting the Galapagos Marine Reserve: ecological inferences using multiple analyses. Environmental Biology of Fishes. 2020; 103, 647-665.

Paulay G, Meyer C. Dispersal and divergence across the greatest ocean region: Do larvae matter? Integrative and Comparative Biology. 2006; 46, 269–281. https://doi.org/10.1093/icb/icj027

Pavlov DS, Kasumyan AO. Patterns and mechanisms of schooling behaviour in fish: a review. Journal of Ichthyology. 2000; 40(2), S163.

Petraitis PS. Direct and indirect effects of predation, herbivory, and surface rugosity on mussel recruitment. Oecologia. 1990; 83, 405–413.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Pfaller JB, Payton AC, Bjorndal KA, Bolten AB & McDaniel SF. Hitchhiking the high seas: Global genomics of rafting crabs. Ecology and evolution. 2019; 9(3), 957-974.

Pielou EC. The usefulness of ecological models: a stock-taking. The Quarterly Review of Biology. 1981, 56(1), 17-31.

Pitcher TJ, Seaman JrW. Petrarch's Principle: how protected human-made reefs can help the reconstruction of fisheries and marine ecosystems. Fish and fisheries. 2000; *1*(1), 73-81.

Polovina JJ. A global perspective on artificial reefs and fish aggregating devices. RAPA Report.1991; 11, 251-259.

Pondella DJ, Zahn LA, Love MS, Siegel D, Bernstein BB. Modeling fish production for southern California's petroleum platforms. Integrated Environmental Assessment and Management. 2015; 11(4), 584–593. doi:10.1002/ieam.1689

Pulsipher AG, Daniel WB. Onshore disposition of offshore oil and gas platforms: western politics and international standards. Ocean and Coastal Management. 2000; 43, 973–995.

Pyle RL. Advanced technical diving. Mesophotic coral ecosystems. 2019; 959-972.

Rassweiler A, Dubel AK, Hernan G, Kushner DJ, Caselle, JE, Sprague JL, Kui L, Lamy T, Lester SE & Miller RJ. Roving Divers Surveying Fish in Fixed Areas Capture Similar Patterns in Biogeography but Different Estimates of Density When Compared With Belt Transects. Frontiers in Marine Science. 2020; *7*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.00272

Raven JA, Hurd CL. Ecophysiology of photosynthesis in macroalgae. Photosynthesis research. 2012; 113, 105-125.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Reeves DB, Chesney EJ, Munnelly RT, Baltz DM, Marx BD. Abundance and distribution of reef-associated fishes around small oil and gas platforms in the northern Gulf of Mexico's hypoxic zone. Estuaries and Coasts. 2018; 41, 1835–1847.

Rilov G, Benayahu Y. Fish assemblage on natural versus vertical artificial reefs: the rehabilitation perspective. Marine Biology. 2000; 136, 931-942.

Robertson DR & Allen G. Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific online information system. Version 2.0 Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panama. 2015

Robertson DR & Cramer KL. Shore fishes and biogeographic subdivisions of the Tropical Eastern Pacific. Marine Ecology Progress Series.2009; 380, 1-17.

Sáez AG, Lozano E. Body doubles. Nature. 2005 433(7022), 111-111.

Sayer MDJ, Baine MSP. Rigs to reefs: a critical evaluation of the potential for reef development using decommissioned rigs. Underwater Technology. 2002; 25(2), 93-98.

Scarcella G, Grati F, Fabi G. Temporal and Spatial Variation of the Fish Assemblage Around a Gas Platform in the Northern Adriatic Sea, Italy. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2011 11(3), Article 3.

Schmitt R J, Holbrook SJ, Brooks AJ, Lape JC Intraguild predation in a structured habitat: distinguishing multiple-predator effects from competitor effects. Ecology. 2009: 90(9), 2434-2443.

Seaman JrW, Lindberg WJ, Gilbert CR, Frazer TK. Fish habitat provided by obsolete petroleum platforms off southern Florida. Bulletin of Marine Science. 1989 44(2), 1014-1022.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Shani A, Polak O, Shashar N. Artificial reefs and mass marine ecotourism. Tourism Geographies. 2012; 14(3), 361-382.

Shannon CE &Weaver W. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU.1949; 144 pp.

Shantz AA, Ladd MC, Schrack E, Burkepile DE. Fish-derived nutrient hotspots shape coral reef benthic communities. Ecological Applications. 2015; 25, 2142–2152. https://doi.org/10.1890/14-2209.1

Siccha-Ramirez R, Luque C, Vera M, Britzke R, Guevara M, Castillo D & Miranda J. Catálogo ilustrado de la ictiofauna de la región Tumbes. Instituto del Mar del Perú, Publicación Especial, Callao. 2022; 246 pp.

Snodgrass DJ, Orbesen ES, Walter JF, Hoolihan JP, Brown CA. Potential impacts of oil production platforms and their function as fish aggregating devices on the biology of highly migratory fish species. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2020; 30, 405-422.

Sommer B, Fowler AM, Macreadie PI, Palandro DA, Aziz AC, Booth DJ. Decommissioning of offshore oil and gas structures – Environmental opportunities and challenges. Science of The Total Environment. 2019; 658, 973-981. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.193

Sonnier F, Teerling J, Hoese HD. Observations on the Offshore Reef and Platform Fish Fauna of Louisiana. Copeia. 1976; 1976(1), 105-111. https://doi.org/10.2307/1443779

Sorensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biologiske skrifter. 1948*; 5*, 1-34.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Halpern BS, Jorge MA, Lombana A, Lourie SA, Martin KD, McManus E, Molnar J, Recchia CA, Robertson J. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. BioScience, 2007; 57(7), 573-583. https://doi.org/10.1641/B570707

Stanley DR, Wilson CA. Utilization of offshore platforms by recreational fishermen and scuba divers off the Louisiana coast. Bull. Mar. Sci. 1989; 44, 767–775.

Struck TH, Cerca De Oliveira J. Cryptic species and their evolutionary significance. Encyclopedia of life sciences. 2019; 1-9.

Thurstan R, Flower J, Beger M, Dudgeon C, Gomez K, Ortiz J, Kovacs E, Loder J, Saunders M, Passenger J, Kleine D. & Roelfsema C. Survey Methods Manual Unidive Point Lookout Ecological Assessment (PLEA). The University of Queensland Underwater Club, Brisbane, Australia. 2014.

Todd VLG, Lavallin EW & Macreadie PI. Quantitative analysis of fish and invertebrate assemblage dynamics in association with a North Sea oil and gas installation complex. Marine Environmental Research. 2018; 142, 69-79. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.09.018)

van Denderen D, Gislason H, van den Heuvel J, Andersen KH. Global analysis of fish growth rates shows weaker responses to temperature than metabolic predictions. Global Ecology and Biogeography. 2020; 29(12), 2203-2213.

Villéger S, Brosse S, Mouchet M, Mouillot D, Vanni MJ. Functional ecology of fish: Current approaches and future challenges. Aquatic Sciences, 2017; 79(4), 783-801. https://doi.org/10.1007/s00027-017-0546-z

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tarazona J, Gutiérrez D, Paredes C, Indacochea A. Overview and challenges of marine biodiversity research in Peru. Gayana. 2003; 67, 206–231. https://doi.org/10.4067/S0717-65382003000200009

Torquato R, Torquato F, Jensen H, Range P, Bach S, Sigsgaard E, Thomsen P, Møller P, Riera R. Vertical zonation and functional diversity of fish assemblages revealed by ROV videos at oil platforms in The Gulf. Journal of Fish Biology. 2018; 91(3), 947-967. https://doi.org/10.1111/jfb.13394

van Elden S, Meeuwig JJ, Hobbs RJ, Hemmi JM. Offshore oil and gas platforms as novel ecosystems: a global perspective. Frontiers in Marine Science. 2019; 6, 548.

Victor BC, Wellington GM. Endemism and the pelagic larval duration of reef fishes in the eastern Pacific Ocean. Marine Ecology Progress Series. 2000; 205, 241-248.

Whittaker RH. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. Ecological monographs. 1960; 30(3), 279-338.

World Ocean Review 3. Marine Resources, Opportunities and Risks. Hamburg, Germany: Maribus gGmbH in cooperation with Future Earth, Kiel Marine Sciences. 2010; https://worldoceanreview.com/en/

Young T, Fuller EC, Provost MM, Coleman KE, St. Martin K, McCay BJ, Pinsky ML. Adaptation strategies of coastal fishing communities as species shift poleward. ICES Journal of Marine Science. 2019; 76(1), 93-103.

Zuta S, Guillén O. Oceanografia de las aguas costeras del Peru. Boletin Instituto del Mar del Peru. 1970; 2, 161-323.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figuras y Tablas

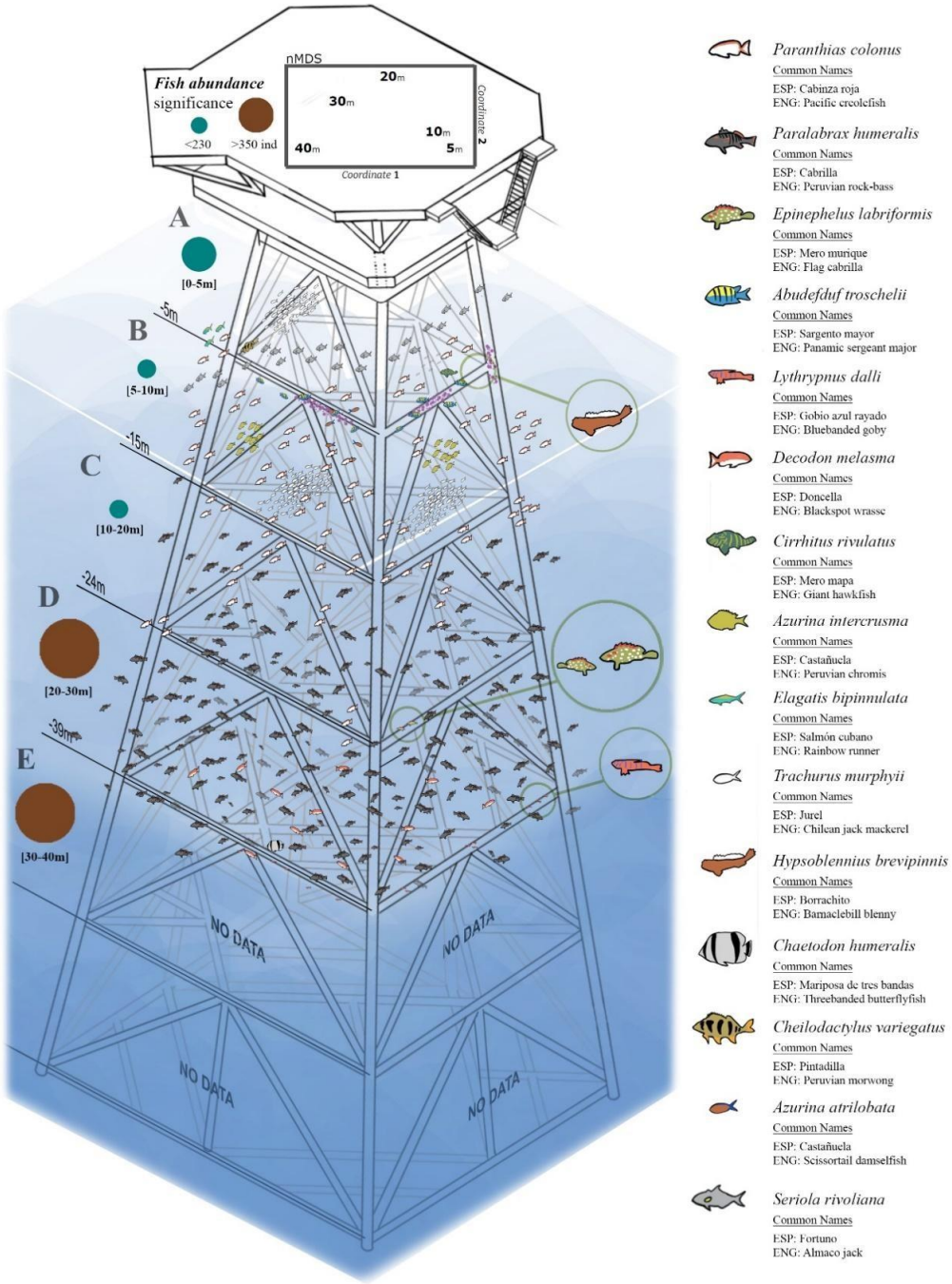


FIGURA 1. Representación esquemática de la plataforma MX-1 (4.16°S, 81.16 °W) durante el periódo estudiado (austral spring-October 2022) que muestra los estratos de profundidad, la distribución vertical de los peces, el nMDS y la dominancia relativa de la ictiofauna. El análisis

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ONE-WAY PERMANOVA mostró una diferencia significativa en la composición de peces, representada por letras ($p<0.05$).



FIGURA 2. Encuentro con especies dominantes en la MX-1 (4.16°S, 81.16 °W) (austral spring-October 2022). A. La cabrilla *Paralabrax humeralis*, B. La cabiza roja *Cephalopholis colonus*, C. Cardúmen del Jurel del Pacífico Sur *Trachurus murphyi*, D. Fortuno *Seriola rivoliana*, E. Cardumen de cabrillas *Paralabrax humeralis* at 30 m, F. Sargento mayor *Abudefduf troschelii* cerca de las vigas transversales a 5

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

m.

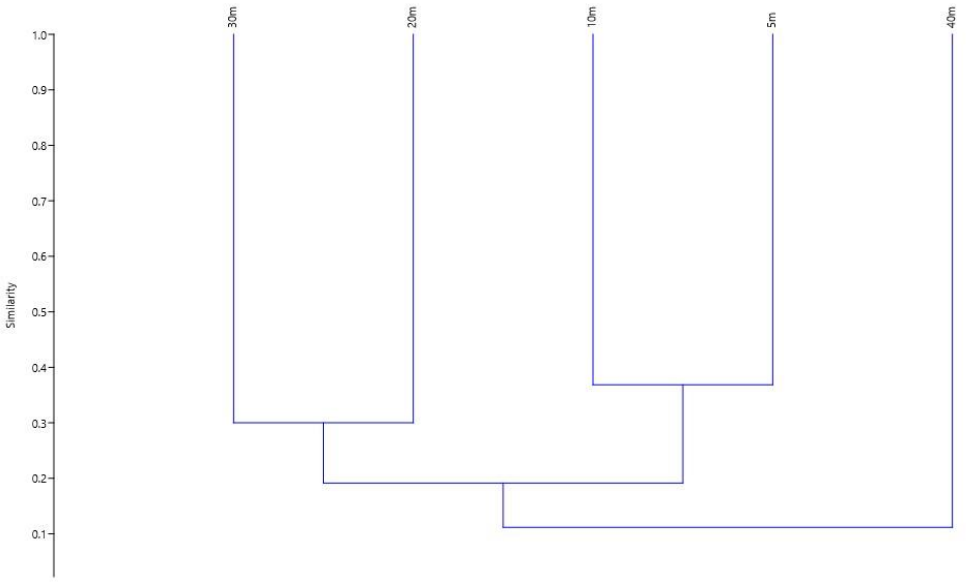


FIGURA S1: Análisis de conglomerados de Sorensen entre las profundidades en MX-1 (4.16°S, 81.16 °O) (primavera austral – octubre de 2022).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR



FIGURA S2. Especies crípticas registradas en MX-1 (4.16°S, 81.16 °O) durante el estudio (primavera austral - octubre de 2022). A. Cachudito gigante *Scartichthys gigas*, B. Gobio de rayas azules *Lythrypnus dalli*, C. Mero mapa *Cirrhitus rivulatus*, D. Tramboyo moteado *Malacoctenus tetranemus*.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FIGURA S3. Especies de peces de interés comercial. Las imágenes fueron tomadas de capturas por pescadores artesanales en la MX-1 (4.16°S, 81.16 °O) (primavera austral, octubre de 2022): A. Cabrilla de Callao *Paralabrax caelliensis*, B. Cabinza roja *Cephalopholis colonus*, C. Señortia de mancha negra *Decodon melasma*, D. Cabrilla peruana *Paralabrax humeralis*.

Trait	Description
Body Shape	Describes the physical form and structure of the fish, which can influence hydrodynamics, maneuverability, and energy efficiency.
Swimming Type	Refers to the method of locomotion used by the fish
Diet	Details the feeding habits of the fish. Diet influences the fish's role in the ecosystem and its interactions with other species.
Habitat	The environment where the fish lives.
Trophic Niche	The role of the fish in the food web

TABLA 1. Functional traits of fish species analyzed for their ecological roles and strategies.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Specie	Trophic group	Bodyshape	Swimming type	Habitat	Trophic niche	waterbody	Reference
Abudefduf troschelii	Omnivore	Ov	Lab	BP	3.0 ±0.32	PAN	Aguilar-Medrano, R., Frederich, B., De Luna, E., & Balart, E. F. (2011). Patterns of morphological evolution of three cephalic regions in damselfishes (Perciformes: Pomacentridae) of the Eastern Pacific. *Biological Journal of the Linnean Society*, *102*(3), 590–613.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Abudefduf troschelii	Planktivore	Ov	Lab	BP	3.4 ±0.45	PAN	Aguilar-Medrano, R., Frederich, B., De Luna, E., & Balart, E. F. (2011). Patterns of morphological evolution of three cephalic regions in damselfishes (Perciformes: Pomacentridae) of the Eastern Pacific. *Biological Journal of the Linnean Society*, *102*(3), 590–613.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Abudefduf troschelii	Planktivore	Ov	Lab	It	3.5 ±0.5	PER	Aguilar-Medrano, R., Frederich, B., De Luna, E., & Balart, E. F. (2011). Patterns of morphological evolution of three cephalic regions in damselfishes (Perciformes: Pomacentridae) of the Eastern Pacific. *Biological Journal of the Linnean Society*, *102*(3), 590–613.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Balistes diadematus	Carnivore	Rob	Suc	BP	3.4 ±0.46	PAN	Hobson, E. S. (1965). Diurnal-nocturnal activity of some inshore fishes in the Gulf of California. *Copeia*, 291–302.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Caranx caballus	Carnivore	Fus	Ca	BP	4.1 ±0.54	PAN	Sancedo-Lizarza, M., Hernández-Orcellas, I., Espino-Sáiz, F., García-Rúa, A., Cabral-Solís, E. G., & Pineda-Gómez, M. (2012). Feeding habits of the green jack (*Caranx caballus* Günther, 1868) in the coast of Manzanillo, Colima, México. *The Open Marine Biology Journal*, *6*(1).; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Chaetodon humeralis	Sessile invertebrates	Ov	Bal	It	2.7 ±0.24	PAN/PER	Domínguez-Contreras, A., Bocanegra-Olivera, E., Cortés, J., Molina-Urieta, H., & Quesada-Alpízar, M. (2005). Comunidad structure of eastern Pacific reef fishes (Gulf of Papagayo, Costa Rica). *Toxicon*, *71*(2), 19–61.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Chaetodon humeralis	Carnivore	Ob	Suc	It	3.7 ±0.2	PER	Moreno, M., & Flores, H. (2002). Contenido estomacal de *Chaetodon ephippium* Valenciennes, 1831, *Pomacanthus zonipectus* Gill, 1862, *Pomacanthus zonipectus* Valenciennes, 1831 y *Pomacanthus paru* Valenciennes, 1831 en Bahía de La Herradura, Coquimbo, durante primavera del 2001. *Gayana (Concepcion)*, *66*(2), 213–217.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Chromis atrilobata	Carnivore	Ov	Lab	BP	3.4 ±0.45	PAN/PER	Greenfield, D. W., & Woods, L. P. (1980). *Review of the Deep Bodied Species of Chromis (Pisces, Pomacentridae) from the Eastern Pacific, with Descriptions of Three New Species*. *Copeia*, *1980*(4), 626. doi:10.2307/1444839; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Cirrhitichthys oxycephalus	Carnivore	Rob	Suc	It	4.0 ±0.67	PAN	Pelayo-Narváez, S., Valencia, R., & Giraldo, A. (2020). Diet of the coral hawkfish Cirrhitichthys oxycephalus (Family: Cirrhitidae) in a fringing coral reef of the Eastern Tropical Pacific. *Coral Reefs*, *39*(6), 1503–1509.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Coralliozetus micropes	Planktivore	Fl	Suc	BP	3.1 ±0.3	PAN	Cuvier, C. L., Cheng, J. D., Sáez, G., & Luque, J. L. (2020). A new genus and the sixteen species of the clingfish tribe (Monogenea), gill parasites of the threadfin bass, Prionotus (serious) subfamily Gill (Perciformes: Serranidae) in the Southeastern Pacific Ocean off Peru. *Systematic Parasitology*, *97*, 121–131.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Elagatis bipinnulata	Carnivore	Fus	Ca	NER	4.3 ±0.0	PAN	Wang, S., Wang, X., Xu, L., & Tian, S. (2022). Feeding habits and trophic niche of Yellow Jack (*Elagatis bipinnulata*) in the western and central Pacific Ocean. *Environmental Biology of Fishes*, 1–11.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Epinephelus labriformis	Carnivore	Fus	Suc	It	4.0 ±0.66	PAN	Hobson, E. S. (1965). *Diurnal-Nocturnal Activity of Some Inshore Fishes in the Gulf of California*. *Copeia*, *1965*(3), 291. doi:10.2307/1440790; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).17
Hyporthodus haifensis	Omnivore	Fl	Suc	It	2.0 ±0.00	PAN	Kotchsal, K., & Thiemann, D. A. (1968). Feeding patterns in eastern tropical Pacific littoral fishes (Teleostei: Triptergyidae, Labrisomidae, Clinocephalidae, Blennidae). *Oecologia*, *70*, 867–78.; Aguilar-Medrano, R., & Calderón-Aguilera, L. E. (2015). *Redundancy and diversity of functional roof fish groups of the Mexican Eastern Pacific*. *Marine Ecology*, *37*(1), 119–133. doi:10.1111/maec.12253; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Kyphosus sectatrix	Omnivore	Ov	Suc	NER	3.5 ±0.37	PAN	Kaufman, S. W., Chan, J. M., & Clements, K. D. (2019). *The herbivorous fish family Kyphosidae (Teleostei: Perciformes) represents a recent radiation from higher latitudes*. *Journal of Biogeography*. doi:10.1111/jbi.13688; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Kyphosus vaigiensis	Herbivore	Ov	Suc	BP	2.0 ±0.0	PAN	Sabaliuta, T. S., Nakazato, E. K., Shinzato, T. F., Shinda, T. J., & Nakamoto, R. T. (2016). *Reactive chain Kyphosus vaigiensis display unexpected trans-island movement along inshore habitats*. *Environmental Biology of Fishes*, *99*(12), 1155–1168. doi:10.1007/s10641-016-0265-8; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Lythrypnus dalli	Carnivore	Rob	Dis	It	3.2 ±0.33	PAN	Hartney, K. B. (1989). The foraging ecology of two sympatric gobiid fishes: importance of habitat use in prey type selection. *Environmental Biology of Fishes*, *26*, 105–118.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Malacoctenus tetranemus	Carnivore	Fl	Suc	It	3.5 ±0.4	PAN	Kotchsal, K., & Thiemann, D. A. (1968). *Feeding patterns in eastern tropical Pacific littoral fishes (Teleostei: Tripterygyidae, Labrisomidae, Chaenopsidae, Blennidae)*. *Oecologia*, *70*(3), 367–378. doi:10.1007/bf00379099; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Ophioblennius steindachneri	Herbivore	Fl	Suc	It	2.7 ±0.25	PAN	Kotchsal, K., & Thiemann, D. A. (1968). *Feeding patterns in eastern tropical Pacific littoral fishes (Teleostei: Tripterygyidae, Labrisomidae, Chaenopsidae, Blennidae)*. *Oecologia*, *70*(3), 367–378. doi:10.1007/bf00379099; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Paralabrax callaensis	Carnivore	Ob	Suc	BP	4.0 ±0.5	PAN/PER	Flores, E., & Cuello, D. (2016). Reproducción y evaluación poblacional de Paralabrax (Paralabrax) spp.) en el litoral norte de la reserva del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, *10*(2), 69–75.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Paralabrax humeralis	Carnivore	Ob	Suc	BP	4.1 ±0.5	PAN/PER	Flores, E., & Cuello, D. (2016). Reproducción y evaluación poblacional de Paralabrax (Paralabrax) spp.) en el litoral norte de la reserva del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, *10*(2), 69–75.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Paranthias colonus	Carnivore	Ob	Suc	BP	3.8 ±0.59	PAN	Aguilar-Medrano, R., & Calderón-Aguilera, L. E. (2015). *Redundancy and diversity of functional roof fish groups of the Mexican Eastern Pacific*. *Marine Ecology*, *37*(1), 119–133. doi:10.1111/maec.12253; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Scartichthys gigas	Omnivore	Fl	Suc	It	3.0 ±0.39	PER	Méndez-Alarcón, F., & Mendoza, E. A. (2016). Patrones de crecimiento de dos especies del género Scartichthys (Blenniidae: Perciformes) de la zona costera del centro de Chile. *Revista de biología marina y oceanografía*, *51*(2), 475–481.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Sectator pyrenaicus	Carnivore	Ov	Fus	It	3.7 ±0.5	PAN	Aguilar-Medrano, R., & Calderón-Aguilera, L. E. (2015). *Redundancy and diversity of functional roof fish groups of the Mexican Eastern Pacific*. *Marine Ecology*, *37*(1), 119–133. doi:10.1111/maec.12253; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Dicrotendipes neomodestus	Carnivore	Fus	Ca	P	3.8 ±0.2	PAN	Lubis, F., Alhamsi, R. T., & Setyobudi, E. (2019). Food Preference of Silver Barb (*Osteochilus vittatus*) at the Sutedjo Waters of Gunungkidul Yogyakarta, Indonesia (Preferensi pakan ikan lampam jenis (*Osteochilus vittatus*) di Perairan Sutedjo Gunungkidul Yogyakarta). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, *11*(2), 19–28.
Tanichthys reticulatus	Carnivore	Fus	Ca	P	4.5 ±0.7	PAN	Aguilar-Medrano, R., & Calderón-Aguilera, L. E. (2015). *Redundancy and diversity of functional roof fish groups of the Mexican Eastern Pacific*. *Marine Ecology*, *37*(1), 119–133. doi:10.1111/maec.12253; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Stegastes flavilatus	Omnivore	Ov	Lab	It	2.0 ±0.0	PAN	Aguilar-Medrano, R., Frederich, B., De Luna, E., & Balart, E. F. (2011). Patterns of morphological evolution of three cephalic regions in damselfishes (Perciformes: Pomacentridae) of the Eastern Pacific. *Biological Journal of the Linnean Society*, *102*(3), 590–613.; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
Trachurus murphyi	Planktivore	Fl	Ca	P	3.3 ±0.2	PER	Alegre, A., Espinoza, P., & Espino, M. (2013). Ecología trófica del jurel Trachurus murphyi en el Perú entre 1977 — 2011. Revista Peruana de Biología, 20(1), Article 1. https://doi.org/10.15381/rpb.v20i1.2622; Fricke, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

TABLA S1. Lista de especies de diferentes bioregiones observadas alrededor de la plataforma petrolera y sus categorías dentro de los rasgos funcionales seleccionados. Forma corporal: Fu, fusiforme; El, alargado; Ob, oblongo; Ov, ovalado; Rob, robusto. Tipo de nado: Suc, subcarangiforme; Cac, carangiforme; Lab, labriforme; Bal, balistiforme; Dio, diodontiforme. Distribución vertical: P, pelágico; BP, bentopelágico; B, bentónico. Bioregionalización: PAN, Panámica; PER, Peruana. Los asteriscos negros representan especies objetivo de pesca (Referencias: Torquato et al. 2018; Ibáñez-Equiaga et al. 2018; Froese & Pauly, 2023).

Depth	Omnivore	Carnivore	Planktivore	Herbivore	Sessile invertebrates
mx1_40m	0	5	1	o	1
mx1_30m	0	3	1	0	0
mx1_20m	2	4	3	1	0
mx1_10m	0	4	2	1	0
mx1_05m	5	9	4	2	0

TABLA S2. Grupos tróficos de peces en la gradiente vertical en MX-1 durante la primavera austral – octubre de 2022.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 40	Mean 30	Mean 20	Mean 10	Mean 5
Paralabrax humeralis	40.04	56.67	56.67	418	275	1	4	0
Paranthias colonus	9.927	14.05	70.72	0	12	86	91	70
Abudefduf troschelii	6.598	9.339	80.06	0	0	2	19	65
Trachurus murphyii	4.33	6.13	86.19	0	3	37	7	28
Seriola rivoliana	1.915	2.71	88.9	0	0	1	0	21
Azurina intercrusma	1.503	2.128	91.03	0	0	8	13	3
Azurina atrilobata	0.7123	1.008	93.26	0	0	0	0	8
Scorpaenodes xyris	0.6359	0.9002	94.16	7	4	2	1	0
Selar crumenophthalmus	0.8649	1.224	92.25	0	0	7	0	5
Ophioblennius steindachneri	0.559	0.7913	94.95	0	0	5	2	0
Pronotogrammus multifasciatus	0.5291	0.749	95.7	7	1	1	2	0
Scartichthys gigas	0.4276	0.6053	96.31	0	0	4	0	1
Chromis alta	0.3966	0.5614	96.87	5	0	1	2	2
Lythrypnus dalli	0.3778	0.5348	97.4	5	0	0	1	0
Elagatis bipinnulata	0.3119	0.4416	97.85	0	0	0	1	3
Paralabrax calliensis	0.2305	0.3263	98.17	0	0	2	1	0
Caranx caballus	0.1781	0.2521	98.42	0	0	0	0	2
Hypsoblennius brevipinnis	0.1781	0.2521	98.68	0	0	0	0	2
Cirrhitus rivulatus	0.1339	0.1895	98.87	0	0	0	1	1
Epinephelus labriformis	0.09794	0.1386	99	0	0	1	0	0

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Stegastes flavilatus	0.09794	0.1386	99.14	0	0	1	0	0
Oplegnathus insignis	0.09794	0.1386	99.28	0	0	1	0	0
Kyphosus ocyurus	0.08904	0.126	99.41	0	0	0	0	1
Malacoctenus tetranemus	0.08904	0.126	99.53	0	0	0	0	1
Bodianus diplotaenia	0.08904	0.126	99.66	0	0	0	0	1
Kyphosus vaigiensis	0.08904	0.126	99.79	0	0	0	0	1
Paralabrax calliensis	0.2305	0.3263	98.17	0	0	2	1	0
Cheilodactilus variegatus	0.08904	0.126	99.91	0	0	0	0	1
Caranx caballus	0.1781	0.2521	98.42	0	0	0	0	2
Chaetodon humeralis	0.06232	0.08821	100	1	0	0	0	0

TABLA S3. Análisis SIMPER que muestra la contribución y abundancia de cada especie identificada en MX-1 (4.16°S, 81.16 °O) durante el estudio a diferentes niveles de profundidad (primavera austral – octubre de 2022).

Index	40m	30m	20m	10m	5m
Taxa_S	6	4	9	7	19
Individuals	443	351	132	136	232
Shannon_H	0.3065	0.149	1.168	1.021	1.935
Dominance_D	0.8908	0.9495	0.4323	0.529	0.2196
Evenness_e^H/S	0.2264	0.2902	0.3571	0.3967	0.3645
Margalef	0.8205	0.5119	1.638	1.221	3.305
Equitability_J	0.1711	0.1075	0.5314	0.5249	0.6572
iChao-1	6	4	16.91	8.985	24.48

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

TABLA S4. Índices de diversidad en MX-1 (4.16°S, 81.16 °O) durante el estudio (primavera austral – octubre de 2022).

Depth	40m	30m	20m	10m	5m
40m	0	0.6	0.86	0.84	0.92
30m	0.6	0	0.53	0.63	0.82
20m	0.86	0.53	0	0.62	0.64
10m	0.84	0.63	0.62	0	0.46
5m	0.92	0.83	0.64	0.46	0

TABLA S5. Diversidad beta (Whittaker) en MX-1 (4.16°S, 81.16 °O) durante el estudio (primavera austral – octubre de 2022).

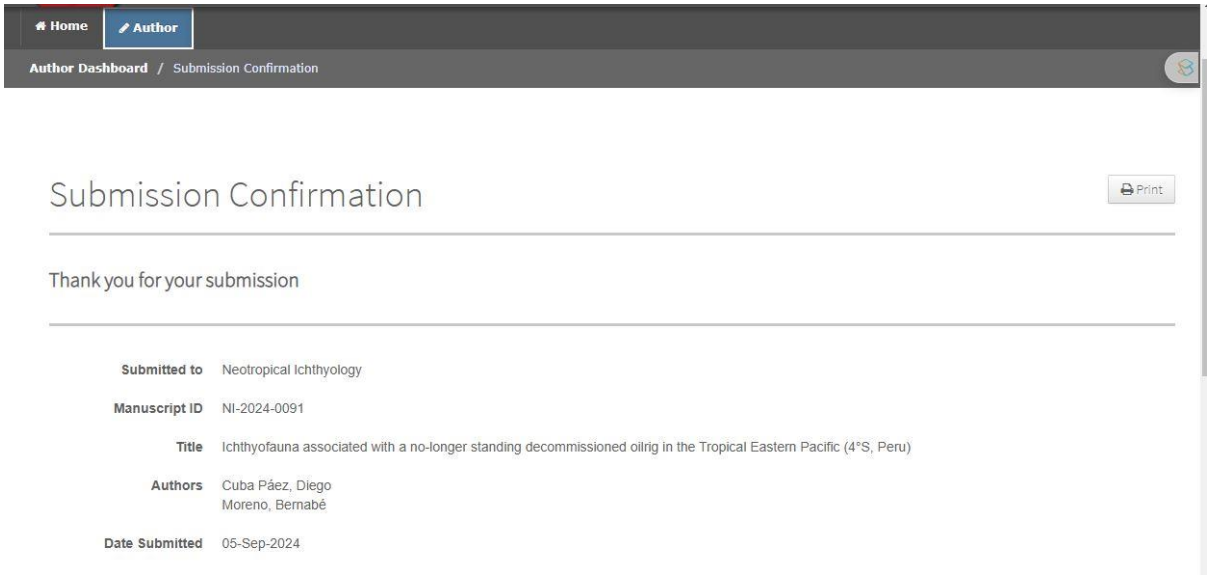
	R1 (2022-10-27 07:57:24)			R2 (24/2022-10-28 07:25:13)			R3 (2022-10-29 08:31:51)		
Depth	T	Sal	Water mass	T	Sal	Watermass	T	Sal	Watermass
5m	20.08	33.90	AES	20.15	33.91	AES	21.28	33.63	AES
10m	18.55	34.18	AES	18.91	34.28	AES	20.02	33.88	AES
20m	16.65	34.64	AES	16.59	34.60	AES	17.57	34.45	AES
30m	15.99	34.72	AES	15.55	34.77	AES	16.63	34.62	AES
40m	15.62	34.78	AES	15.18	34.81	ACF	15.39	34.81	ACF

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

TABLA S6. Identificación de masas de agua utilizando un CTD, se registraron temperatura (T) y salinidad (Sal) (Zuta & Guillén, 1970) en MX-1 (4.16°S, 81.16 °O) durante el estudio (primavera austral – octubre de 2022). AES: Agua Superficial Ecuatorial y ACF: Agua Costera Fría.

Anexos



Anexo 1: Evidencia del envío a revista científica.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CONSTANCIA N° 040-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2022

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado** (reunión extraordinaria: 10 de Mayo de 2022).

Código de registro:	**890-2021-PRE5**
Título:	**Composición de la ictiofauna en la plataforma petrolera abandonada *MX1*, Pacífico Tropical, Perú durante el invierno 2022**
Investigador(a):	**Diego Javier Cuba Páez**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente. Adicionalmente, en el contexto de la pandemia de enfermedad por COVID-19, le recomendamos cumplir con las normas publicadas por el estado peruano.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 30 de noviembre de 2023**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 31 de mayo de 2022

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR – Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad – UCSUR

Méd. Vet. Milena Paola Montenegro Veja
Presidenta (e)
Comité Institucional de Ética en Investigación
con Animales y Biodiversidad

T. (+51) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
Asesoría al postulante
• Campus Villa 2 - Panamericana Sur km 19
• Calle Cantuarias 398, Miraflores

Anexo 2: Copia de documento de aprobación del comité de ética.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 029-DACBM-DAFCVB-U. CIENTÍFICA-2022

Lima, 31 de mayo del 2022

Visto el proyecto de tesis presentado por el estudiante de la Carrera de Biología Marina, se expide la presente Resolución:

CONSIDERANDO:

- Que, para optar el título profesional en Biología Marina, de la Carrera de Biología Marina de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas de la Universidad Científica del Sur, es necesario la realización y sustentación de una tesis.
- Que, el Reglamento de Tesis pertinente, dispone que el Proyecto de Tesis debe ser presentado a la Carrera de acuerdo con el perfil aprobado, el cual debe ser dictaminado por el Comité de Investigación.
- Que, el estudiante ha cumplido con presentar su proyecto de tesis, bajo la asesoría de sus asesores.
- Que la Comisión de Grados y Títulos de la Dirección ha emitido una evaluación favorable y recomienda la inscripción del proyecto citado.

Se expide la resolución:

ESTUDIANTE:	DIEGO JAVIER CUBA PÁEZ
TÍTULO:	"Composición de la ictiofauna en la plataforma petrolera abandonada MX1, Pacífico Tropical, Perú durante el invierno 2022"
ASESOR:	Bernabé Moreno Leveroni
N° REGISTRO:	890-2021-PRE5
N° C. ÉTICA:	040-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2022

Estando a lo dispuesto por el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Científica del Sur, el Reglamento de Tesis de la Carrera y a las normas vigentes, en uso de las atribuciones conferidas a la Carrera,

SE RESUELVE:

1º **APROBAR** el mencionado Proyecto de Tesis para optar el título profesional en Biología Marina.

2º Declarar a la estudiante expedita para la realización del Proyecto de Tesis aprobado.

3º Nombrar al docente mencionado como Asesor del Proyecto de Tesis, que realizará la estudiante citada.

T // (51) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4º Disponer la inscripción del proyecto de tesis aprobado en el Registro de Tesis para optar el Título Profesional de la Carrera de Biología Marina de la CIENTÍFICA.

Regístrese, comuníquese y archívese.

DIRECTORA ACADÉMICA

MG. NATHALY MARIÑA VARGAS LOPEZ
DIRECTORA ACADÉMICA
CARRERA BIOLOGÍA MARINA

Anexo 3: Copia de resolución directoral de aprobación del proyecto de tesis

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Equipamiento de campo
ITEM
Gopro Hero6
libreta submarina
Memoria micro SD
Housing
Linterna 1500 lum
Memoria Externa
Cast- Away
Computadora de buceo
Plomos
Oxígeno 100%
Sogas
Tanques de buceo
Camara holder
Configuración Stage
Lápices
Boya Levante
Regulador 1 y 2 etapa
BCD
Computadora (laptop)
Wetsuit
Aletas y máscara buceo
Libreta
Total

Anexo 4: Instrumentos usados en la investigación

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis