

Informe final

Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición
(PRUNIAN)

Nombre del programa universitario de investigación de la Digi

Línea base para el monitoreo participativo del pez vela (*Istiophorus platypterus*
Shaw y Nodder, 1792) en el Pacífico de Guatemala

Nombre del proyecto de investigación

4.8.26.0.93

Partida presupuestaria del proyecto de investigación

AP20CU-2022

Código del proyecto de investigación

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA)

Unidad Avaladora

Celia Vanessa Dávila Pérez, M.Sc.
Rebeca Magalí Martínez Dubón, M.Sc.
Ernesto Alejandro González Salguero, TA.

Nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por Digi

Guatemala, 28 de febrero de 2023

lugar y fecha de presentación del informe dd/mm/año

Contraportada (reverso de la portada)

Autoridades

Dra. Alice Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Inga. Liuba Cabrera de Villagrán
Coordinadora del Programa Universitario de Investigación

Autores

Celia Vanessa Dávila Pérez, M.Sc.
Rebeca Magalí Martínez Dubón, M.Sc.
Ernesto Alejandro González Salguero, TA.

Manolo José García, Lic., Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), Universidad de San Carlos de Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi), 2022. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria 4.8.26.0.93 con código AP20CU-2022 en el Programa Universitario de Investigación Alimentación y Nutrición (PRUNIAN).

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



Índice general

1	Resumen y palabras claves	5
2	Introducción	7
3	Planteamiento del problema.....	9
4	Delimitación en tiempo y espacio	10
	6.1 Delimitación en tiempo.....	10
	6.2 Delimitación espacial.....	10
5	Marco teórico	11
6	Estado del arte.....	17
7	Objetivos (generales y específicos aprobados en la propuesta)	21
8	Hipótesis (si aplica).....	21
9	Materiales y métodos (enfoque, métodos, recolección de información, técnicas e instrumentos, procesamiento y análisis de la información).....	22
	9.3 Recolección de información.....	23
	9.4 Técnicas e instrumentos	24
10	Resultados	32
	10.1 Modelo base de viabilidad poblacional del pez vela en el Pacífico de Guatemala.	32
	10.2 Escenarios de sobrevivencia y extinción de la especie (modelaje iterativo).....	33
	10.3 Documento técnico sobre la línea base para el monitoreo del pez vela en el Pacífico de Guatemala. .	42
	10.4 Ficha de vida del pez vela	42
11	Discusión de resultados.....	43
12	Conclusiones	48
13	Referencias.....	49
14	Apéndices.....	53
15	Aspectos éticos y legales	61
16	Vinculación	61
17	Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual	62
18	Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:.....	62
19	Orden de pago final (incluir únicamente al personal con contrato vigente)	63

20. Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación	64
21. Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario	64
22. Visado de la Dirección General de Investigación	65

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de la Ubicación Geográfica del Área de Estudio. Departamentos en el Litoral del Pacífico frente a los que se localizan los principales sitios de pesca de pez vela: Escuintla (Es), Santa Rosa (SR) Y Jutiapa (JU), Se muestran los demás departamentos costeros.	11
Figura 2 Modelo Base sobre la Dinámica de la población de Pez Vela.	34
Figura 3 Escenario 1 con Pesca Deportiva.	35
Figura 4 Escenario 2 con Pesca de Palangre 10%	36
Figura 5 Escenario 3 Palangre 39% Mortalidad	37
Figura 6 Escenario 4 con Palangre 10% Mortalidad y Pesca Deportiva 10%	38
Figura 7 Escenario 5 con Palangre 39% Mortalidad y Pesca Deportiva 10%	39
Figura 8 Gráfica Comparativa sobre los Escenarios de Viabilidad Poblacional para la Especie	41

Índice de Tablas

Tabla 1 Relaciones de peso utilizadas para estimar la población inicial de peces vela en el Pacífico de Guatemala	28
tabla 2 Tasas de mortalidad de peces vela por intervalos de edad.	29
tabla 3 Valores de mortalidad natural	29
tabla 4 Coeficientes de mortalidad por tipos de pesca	30
tabla 5 Valores utilizados para el modelo base del pez vela	30
tabla 6 Modelo base para el pez vela: calibración de datos de entrada sobre la mortalidad	32
tabla 7 Valores de entrada para el escenario base y escenarios con diferentes % de mortalidad.....	33
tabla 8 Resultados del modelo base pva para el pez vela.....	34
tabla 9 Resultados del escenario 1 con pesca deportiva 10% mortalidad	35
tabla 10 Resultados del escenario 2 con palangre 10% mortalidad	36
tabla 11 Resultados del escenario 3 con palangre 39% mortalidad	37
tabla 12 Resultados del escenario 4 con mortalidad de 10% en palangre y 10% pesca deportiva.....	38
tabla 13 Resultados del escenario 5 con mortalidad palangre 39% y pesca deportiva 10%.	39

1 Resumen y palabras claves

El pez vela (*Istiophorus platypterus*) es una especie altamente migratoria, distribuida en el Océano Pacífico Oriental (EPO) (Howard & Ueyanagi, 1965), siendo el Golfo de Tehuantepec el principal centro de distribución de la especie (Cerdenares-Ladrón, et al., 2012). En términos económicos, a nivel mundial las actividades recreativas alrededor de la especie son muy importantes, y en Centroamérica se ha reportado una de las mayores tasas de captura en la pesca deportiva (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

El pez vela también es parte de la captura incidental de las pesquerías con palangre (Prince, et al., 2006), sin embargo, se desconoce el impacto que las actividades pesqueras provocan en la población de Centroamérica (Ehrhardt & Fitchett, 2006; Brown, 2019).

El presente estudio provee el Modelo Base de Viabilidad Poblacional del pez vela aplicado para el Pacífico de Guatemala, así como otros escenarios derivados de la combinación de diferentes mortalidades provocadas por la pesca y aspectos de la especie.

Los escenarios mostraron que las pesquerías de palangre y pesca deportiva con bajas tasas de mortalidad, por separado, no representan un riesgo de extinción para la especie, sin embargo, al combinarse estas, crean un escenario grave para la población, especialmente cuando la captura en palangre presenta altas tasas de mortalidad, en estos escenarios se genera una alta probabilidad de extinción de la población local.

El modelo base permite calibrar trayectorias hipotéticas sobre la viabilidad de la población de la especie, siendo una herramienta que permitirá simular condiciones sobre la misma, con el afán de predecir su sobrevivencia, como una base para tomar mejores decisiones para el manejo y conservación del pez vela en Guatemala.

Palabras Clave: extinción, predicción, amenaza, vulnerabilidad, tasa de mortalidad.

Abstract

Sailfish (*Istiophorus platyterus*) is a highly migratory species, distributed in the Eastern Pacific Ocean (EPO) (Howard & Ueyanagi, 1965), with the Gulf of Tehuantepec being the main distribution center of the species (Cerdenares-Ladrón, et al. al., 2012). In economic terms worldwide, recreational activities around the species are very important, and one of the highest capture rates in sport fishing has been reported in Central America (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

Sailfish are part of the bycatch of longline fisheries (Prince, et al., 2006), however, the impact that fishing activities have on the Central American population is unknown (Ehrhardt & Fitchett, 2006; Brown, 2019),

The present study provides the Base Model of Population Viability of sailfish applied to the Pacific of Guatemala, as well as other scenarios derived from the combination of different mortalities caused by fishing and aspects of the species.

The scenarios showed that the longline and sport fisheries with low mortality rates, separately, do not represent an extinction risk for the species, however, when combined, they create a serious scenario for the population, especially when the capture in longline presents high mortality rates, in these scenarios a high probability of extinction of the local population is generated.

The base model allows calibrating hypothetical trajectories on the viability of the population of the species, being a tool that will allow simulating conditions on it, with the aim of predicting its survival, as a basis for making better decisions for the management and conservation of the fish. Sailing in Guatemala.

Keywords: extinction, prediction, threat, vulnerability, mortality rate.

2 Introducción

El pez vela es una especie altamente migratoria, lo que se define legalmente como aquellas especies incluidas en el Anexo I de UNCLOS (sección 4) (UNCLOS, 1982). En términos prácticos, sin embargo, esas especies “son en lo general capaces de migrar relativamente largas distancias, y las poblaciones de esos peces posiblemente ocurren tanto dentro de zonas económicas exclusivas como en la alta mar”.

La existencia de especies de peces pelágicos como el pez vela (*Istiophorus platypterus* Shaw y Nodder, 1792), en el Pacífico centroamericano, históricamente ha dado como resultado altas tasas de captura en el palangre industrial (Prince et al., 2006; Ehrhardt & Fitchett, 2006; Cerdanars-Ladrón et al., 2012). Se sabe que la mayor tasa de captura del mundo de pez vela a través de la pesca deportiva ocurre en el Golfo de Tehuantepec (Cerdanars-Ladrón et al., 2012) y frente a la costa de Centroamérica, principalmente en Costa Rica, Guatemala y Panamá es donde esta especie es el principal protagonista de la pesca de captura y liberación, base para la pesca deportiva y recreativa de la región (Ehrhardt & Fitchett, 2006; Ponce, 2015; Brown, 2019).

Lamentablemente, la tendencia de la población es decreciente y actualmente se encuentra en categoría Vulnerable A2bd según el criterio de la Lista Roja de UICN (Collette, et al 2011).

En Centroamérica, la actividad de captura y liberación de pez vela, representa una oportunidad importante, por lo que es necesario tratar de asegurar la sobrevivencia de la especie, para asegurar la sostenibilidad de la actividad de pesca deportiva (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

De acuerdo a Ehrhardt y Fitchett, (2006) la abundancia regional de pez vela está un 80% por debajo de sus niveles en evaluaciones iniciales desde 1964 y por otro lado han disminuido al menos un 35% en el tamaño de los individuos.

Lo anterior es el resultado del aumento en la demanda de pescado en los mercados internacionales de Estados Unidos desde la década de 1990, lo que se vio reflejado en las pesquerías artesanales locales en Guatemala y Centroamérica, ya que respondieron al aumento en la demanda mediante el desarrollo de la pesca de palangre en las regiones costeras y en alta mar, misma que es una amenaza para los peces vela, debido a que el pez vela es capturado incidentalmente en la pesca con palangre en zonas costeras y en alta mar, donde se captura principalmente al dorado, tiburones y atún (Brown, 2019), y entra en conflicto directamente con la sostenibilidad de las actividades de pesca deportiva (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

El Modelo Base de Viabilidad Poblacional del pez vela aplicado para el Pacífico de Guatemala, así como otros escenarios derivados de la combinación de diferentes mortalidades provocadas por la pesca, busca ser un insumo manipulable que muestre el impacto que las pesquerías de palangre y pesca deportiva ejercen sobre las poblaciones de pez vela.

Luego de que el modelo base nos permitiera calibrar trayectorias hipotéticas sobre la viabilidad de la población de pez vela, pudimos simular condiciones sobre la especie, con el afán de predecir su sobrevivencia. Por lo que pudimos evidenciar que, con bajas tasas de mortalidad, por separado, la pesca deportiva 20% de mortalidad y el palangre con 10% de mortalidad no representan un riesgo de extinción para la especie, sin embargo, al combinarse estas, crean un escenario grave para la especie, sobre todo cuando la captura en palangre presenta altas tasas de mortalidad, por lo que la especie podría presentar alta probabilidad de extinción.

En cuanto a su aplicación, el análisis de viabilidad poblacional (PVA) para el pez vela representa una importante herramienta, que se puede aplicar a diferentes variables de la especie, para reflejar una trayectoria de la población en años. Generando diversos escenarios sobre la sobrevivencia de la especie, que pueda servir de insumo para tomar mejores decisiones para el aprovechamiento y la conservación del pez vela y su hábitat (Clark, Backhouse, & Lacy, 2014).

3 Planteamiento del problema

La población de pez vela que se concentra en Guatemala, México y otros países de Centroamérica está afectada por la captura incidental en pesquerías industriales y artesanales (Prince, et al., 2006), siendo también la especie objetivo de la pesca deportiva en Centroamérica, deporte que sostiene una industria turística de gran importancia económica (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

En Guatemala se calculó como abundancia relativa un CPUE de 2.80 liberaciones por pescador, siendo un total de 5,725 organismos liberados en campeonatos nacionales de pesca deportiva en los años 2008 al 2013, teniendo un total de 2,040 pescadores deportivos (Ponce, 2015). En general, se desconoce la magnitud del impacto que las pesquerías con palangre y pesca deportiva tienen sobre la población de pez vela en Guatemala (Ehrhardt & Fitchett, 2006; Brown, 2019).

En el caso del pez vela, para Guatemala existen algunos estudios, pero se carece de información demográfica y sobre su estado de conservación, no obstante, dicha incertidumbre no debe ser un pretexto para la falta de acciones que conlleven a su manejo y uso sostenible.

Por lo anterior, es relevante realizar un análisis crítico de la información disponible sobre la especie y su ecología, las amenazas sobre la población y comparar de forma cuantitativa distintos escenarios sobre estos factores y su impacto a través de un Análisis de Viabilidad Poblacional (PVA). Las preguntas de investigación que se desea responder a partir de este PVA son: ¿Cuál sería la situación actual de las poblaciones del pez vela? ¿Cuáles serían las mayores amenazas que ponen en riesgo las poblaciones del pez vela? ¿Cuál es la viabilidad poblacional del pez vela en el Pacífico de Guatemala?

4 Delimitación en tiempo y espacio

6.1 Delimitación en tiempo

El estudio tendrá lugar de febrero a noviembre de 2022.

6.2 Delimitación espacial

La zona marina del Pacífico de Guatemala se encuentra localizada en el Océano Pacífico Oriental (EPO, por sus siglas en inglés). Se trata de una región de productividad superficial elevada que genera un ambiente biológico muy particular de gran importancia, presenta alta variabilidad estacional debido a las surgencias que se generan, por influencia de las descargas de agua dulce proveniente de lagunas costeras y de sistemas fluviales presentes en las zonas costeras en Chiapas, Guatemala y demás países centroamericanos, así como por los vientos provenientes del golfo de México (Mora & Robertson, 2005).

Lo anterior se debe, a que el Istmo de Tehuantepec se encuentra al sur de una discontinuidad en la Sierra Madre, por lo que los vientos “tehuanos” provenientes del golfo de México circulan fácilmente y empujan el flujo de aire superficial del golfo de México hacia el Golfo de Tehuantepec, lo cual produce un ascenso en la termoclina meridional por la interacción de estos vientos (Wilkinson et al., 2009).

Además de los vientos Tehuanos, las grandes corrientes marinas, agua superficial tibia y de baja salinidad, una fuerte termoclina en la profundidad y la surgencia de aguas frías ricas en nutrientes, hacen un ambiente adecuado para favorecer, el crecimiento poblacional del plancton y la presencia de una red trófica compleja (Fiedler & Lavín, 2017).

En términos económicos, el EPO se ha considerado una de las regiones marinas con mayor productividad en el mundo (Spalding et al., 2007), estando entre las zonas de pesca altamente productivas mundialmente por más de 50 años (Martin et al., 2016).

Dentro del EPO el domo térmico de Costa Rica y Bahía de Panamá presentan una de las mayores productividades y esto deriva a su importancia ecológica por sus características oceanográficas

(Martín et al., 2016). El borde de la termoclina de la zona contracorriente presenta su pico máximo local en los 89°W, un área conocida como el Domo térmico o domo de Costa Rica, el cual es una de las áreas de mayor productividad (Fiedler & Lavín, 2017), y que ejerce gran influencia sobre la zona marina de Guatemala.

La plataforma continental de Guatemala, alcanzada desde la costa hasta los 200 m de profundidad y mide aproximadamente 14,700 km², posee un ancho promedio de 60 km y esta, en su mayor parte, cubierta por fondos blandos de lodos de arcilla y limo, así como arena (Chupina, 2015).

Se localiza también, el Cañón de San José el cual es un cañón formado por una disconformidad angular aguda, con inclinación severa y erosión de la cuenca que presenta la plataforma de Guatemala y el inicio de la subducción en esta región (Ladd & Schrode, s.a).

Figura 1 Mapa de la ubicación geográfica del área de estudio. Departamentos en el Litoral del Pacífico frente a los que se localizan los principales sitios de pesca de pez vela: Escuintla (Es), Santa Rosa (SR) y Jutiapa (Ju), se muestran los demás departamentos costeros.



5 Marco teórico

5.1 El pez vela (*Istiophorus platypterus*)

Los peces istiofóridos se describieron en el océano Pacífico en el año 1844. Los métodos y técnicas taxonómicas que se han aplicado se limitan en gran medida a los caracteres morfométricos y merísticos, aunque se desconocen muchos aspectos sobre el hábitat y comportamiento de estas especies. Los ejemplares de esta familia se caracterizan por poseer la mandíbula superior con una prolongación en forma de aguja (Howard & Ueyanagi, 1965).

Existen cinco especies de la familia Istiophoridae en el Pacífico, la familia se divide en tres géneros (Istiophorus, Tetrapturus y Makaira) (Cerdenares-Ladrón et al., 2012). En el Pacífico guatemalteco se encuentran presentes las cinco especies: *Istiophorus platypterus* (pez vela), *Makaira mazara* (aguja azul del Indo-Pacífico), *Makaira indica* (aguja negra), *Tetrapturus audax* (marlín rayado), *Tetrapturus sangustirostris* (marlín trompa corta) (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

El pez vela de la familia Istiophoridae es de interés comercial, deportivo y científico (Brown, 2019), es una especie altamente migratoria que figura en el anexo I de la Convención sobre el Derecho del Mar (Organización de las Naciones Unidas ONU, 1982). Se considera que tanto la pesca con palangre y pesca deportiva, han ejercido una determinante influencia sobre la tendencia de la población que es decreciente, por lo que actualmente se encuentra en categoría Vulnerable A2bd según el criterio de la Lista Roja de UICN (Collette et al., 2011).

5.2 Abundancia del pez vela

La abundancia de pez vela en el Pacífico parece estar relacionada, con la presencia del Cañón de San José, un cañón submarino en la costa oeste del Pacífico de Guatemala. Este tipo de cañones submarinos soportan grandes cantidades de invertebrados benthicos soportando las redes tróficas donde participan numerosas especies, a los peces picudos como el pez vela (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación [FAO], 2018).

De acuerdo a Ponce (2015), se realizaron 48 faenas de pesca a partir del año 2008 al 2013, donde se obtuvo un total 5,725 organismos liberados, presentando una captura por unidad de esfuerzo CPUE 2.80 liberaciones/pescador, siendo esta la abundancia relativa de la especie para este período. Así

mismo se observaron los valores más altos en marzo de 2012, CPU=7.25, y el valor más bajo en marzo de 2011 con un CPU=0.48.

De 2013 a 2017, el promedio anual de capturas informadas fue de aproximadamente 740 t, muy por debajo del promedio de los años 1993-2007 de cerca de 2100 t. Hubo una tendencia a la baja en la abundancia durante 1994 – 2009. A partir de esto, la abundancia ha sido comparativamente constante o ha aumentado levemente (Collette, 2011).

5.3 Distribución del pez vela

Los peces de esta familia se distribuyen en mares tropicales, usualmente nadan en capas de agua sobre la termoclina (Ganga, Pillai, & Elayathu, 2008). La especie está ampliamente distribuida en el Océano Pacífico Oriental (EPO) (Howard & Ueyanagi, 1965), siendo muy abundante en el Pacífico centroamericano (Prince et al., 2006).

La mayoría de las poblaciones que se concentran en Guatemala, México y otros países de Centroamérica están afectadas por diferentes estresores como la captura incidental en pesquerías industriales y artesanales (Prince et al., 2006). Siendo el Golfo de Tehuantepec en México, considerado el centro de distribución de pez vela, al registrarse la mayor captura por unidad de esfuerzo (CPUE) (Cerdenares-Ladrón et al., 2012).

El EPO frente a Centroamérica se ha identificado como un área de alimentación del pez vela, debido a que concentraciones estacionales de especies de presa como peces clupeoideos y calamares se correlacionan significativamente con la abundancia del pez vela (Prince et al., 2006). Esto se debe a que en los meses de invierno del norte sucede una contracción del hábitat pelágico, por lo que el pez vela se concentra en las densidades más altas en esta región en ese momento, lo cual asegura las mayores tasas de captura, lo que representa una oportunidad estratégica para la pesca deportiva (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

El pez vela se considera una especie altamente migratoria (Organización de las Naciones Unidas ONU, 1982), que presenta cambios temporales según los indicadores de abundancia en los puntos

geográficos donde son objeto de pesca deportiva (Prince et al., 2006). Debido a la importancia de la especie en la pesca deportiva, el estudio del comportamiento de la población del pez vela en las costas del Pacífico de Guatemala es de gran interés para los pescadores deportivos y prestadores de servicios afines a esta actividad (Ponce, 2015).

Para Guatemala la especie es residente en las aguas marinas del Pacífico en grandes concentraciones (Ehrhardt & Fitchett, 2006; Ponce, 2015). Esta elevada tasa de captura de pez vela en Guatemala ha provocado importantes inversiones en pesca deportiva, que utilizan el sector turístico para promover esta industria pesquera (Brown, 2019). Sin embargo, esta actividad está en confrontación directa con las grandes operaciones de pesca de atún y dorado en el EPO donde se captura pez vela incidentalmente en palangre (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

5.4 La importancia del pez vela

A nivel nacional, el pez vela no puede ser objeto de pesquerías comerciales y solo se puede desembarcar como captura incidental. Ya que la especie está reservada para las actividades de pesca deportiva y debe ser liberado después de su captura (Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura [DIPESCA], 2002).

Los peces picudos (Istiophoridae) además de ser parte de la diversidad marina de Guatemala, son especies de interés económico para las pesquerías locales y globalmente son consideradas importantes ya que complementan otras pesquerías grandes, como la pesquería de palangre japonesa la cual se realiza a una escala industrial (Ganga, Pillai, & Elayathu, 2008).

El conocimiento de los peces picudos es escaso, a pesar de ser una especie de alto interés en la captura tanto recreativa como comercial, en general se sabe poco de sus aspectos poblacionales a pesar de ser una especie frecuentemente capturada en la pesca artesanal de México, Guatemala, Costa Rica y Panamá (Ganga, Pillai, & Elayathu, 2008).

Se considera que la pesca con palangre de atún de alta mar es la principal fuente de mortalidad para el pez vela, principalmente en el Golfo de Tehuantepec el cual es considerado como un núcleo de

distribución de pez vela, ya que de acuerdo a los datos en este golfo se dan la mayor captura por unidad de esfuerzo (CPUE) (Cerdenares-Ladrón et al., 2012).

De acuerdo a Ehrhardt y Fitchett, (2006) es imperativa la necesidad de un plan regional de ordenación pesquera para el pez vela como forma de promover su uso sostenible en la región centroamericana. Los autores señalan que la abundancia regional de pez vela está un 80% por debajo de sus niveles iniciales en 1964 y los tamaños de los peces vela capturados en la pesca deportiva han disminuido al menos un 35% de los tamaños de individuos no explotados. Estos escenarios comprometen el valor estratégico para la pesca deportiva y genera conflictos entre pesquerías.

Los peces picudos, representan en conjunto un recurso natural base para el desarrollo de la industria de la pesca deportiva y el turismo asociado, principalmente en los países que tienen acceso al Océano Pacífico Oriental (EPO), como México, Costa Rica, Guatemala, Panamá y Ecuador (Ehrhardt & Fitchett, 2006). En esta región es donde se registraron los niveles más altos de densidad poblacional representan oportunidades estratégicas para el desarrollo de la industria millonaria de la pesca deportiva (Brown, 2019).

5.5 Intensidad de captura en pesquerías

Los peces picudos se distribuyen en el EPO, son objeto de pesca comercial y deportiva, en especial la especie *Istiophorus platypterus* es abundante en zonas costeras del EPO y del Océano Índico (Cerdenares-Ladrón et al., 2012). Lo cual se correlaciona con el hecho de que el Pacífico Oriental Tropical (POT) ha aumentado considerablemente la cantidad de las flotas comerciales de palangre provenientes de Japón, Korea y Taiwan (Howard & Ueyanagi, 1965).

El exceso de capacidad en la pesquería de palangre es una amenaza para el uso sostenible de los recursos de peces picudos en Centroamérica y entra en conflicto directamente con la sostenibilidad de las actividades de pesca deportiva. Como tal, una organización de investigación y política regional que actúa bajo un acuerdo regional de ordenación pesquera se vuelve obligatorio si se espera un uso económico de los recursos pesqueros de marlines existentes (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

Desde la década de 1990, la solicitud de dorado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus) y el atún fresco ha aumentado drásticamente en los mercados internacionales principalmente en Estados Unidos. Como consecuencia, las pesquerías artesanales locales en Centroamérica, principalmente en Costa Rica, Nicaragua, Guatemala y Panamá, respondieron al aumento en la demanda mediante el desarrollo de la pesca de palangre en las regiones costeras y de alta mar del EPO frente a Centroamérica (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

Por otro lado, debido a la alta abundancia de capturas de pez vela, el litoral del Pacífico de Guatemala es considerado un excelente destino para practicar la pesca deportiva de peces picudos. La pesca deportiva consiste en anzolar, capturar y liberar especímenes, entre varias especies se encuentra el pez vela, para esto se utiliza una caña y carrete con sedal. En la actualidad se utiliza el anzuelo gancho circular, el cual se caracteriza por dañar en menor medida el espécimen capturado (Asociación Nacional de Pesca Deportiva de Guatemala, 2020).

En Guatemala el pez vela está reservado para la pesca deportiva y es prohibida su captura en la pesca comercial de acuerdo la ley general de pesca y acuicultura (Decreto 80-2002), la cual reserva al pez vela para la pesca deportiva y prohíbe su captura en la pesca comercial. El Reglamento de la Ley considera el caso de la captura incidental en las pesquerías de dorado y tiburón y establece que la captura incidental no deberá ser mayor del 5% de la captura total de la embarcación indicada en número de organismos. (DIPESCA, 2002).

Sin embargo, este porcentaje difícilmente se respeta, y es debido a que muchos artes de pesca no son selectivos, generándose la captura incidental de pez vela.

La captura incidental o dirigida de pez vela que utiliza los especímenes para comercializarlos, ha sido un motivo de conflicto en el Pacífico de Guatemala, ya que en ocasiones se ha tenido que realizar el decomiso de filete de pez vela, tal y como ha sucedido recientemente donde algunos pescadores fueron sorprendidos transportando 35 especímenes destazados (Periódico La Hora, 2022).

El pez vela, como una de las importantes especies incidentales capturadas en estas pesquerías, está sujeta a un desconocido, pero alto nivel de mortalidad por pesca en todo el Pacífico. A este respecto, Panamá, Nicaragua y Guatemala tienen leyes que protegen específicamente al pez vela de ser desembarcado en pesquerías comerciales, pero aun así existe desembarque ilegal de peces vela y esto ha generado un conflicto entre pesquerías.

Por lo general, en Guatemala es común observar peces picudos ofrecidos en mercados locales, lo cual es motivo de preocupación para el turismo y la industria de la pesca deportiva. Por lo tanto, son necesidades urgentes el establecimiento de prácticas de pesca preventivas de peces picudos y el control de la explotación para promover el uso sustentable de este recurso pesquero en Centroamérica (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

El exceso de capacidad en la pesquería de palangre existente es una amenaza para el uso sostenible de los recursos de peces picudos en Centroamérica y entra en conflicto directamente con la sostenibilidad de las actividades de pesca deportiva. Como tal, la organización de investigación colaborativa para establecer un monitoreo participativo es prioritario, por lo que sentar las bases de dicho monitoreo a través de desarrollar un modelo base de viabilidad poblacional permitirá generar ese comienzo importante para la investigación en Guatemala, desde la base de identificar las necesidades.

6 Estado del arte

Investigaciones de peces picudos en Guatemala y Centroamérica

La información disponible para el pez vela (*I. platypterus*) presenta grandes vacíos y sesgos en las estimaciones poblacionales, reproductivas y demográficas, esta limitante de información se debe a que la mayoría de la información con la que se cuenta procede de la flota deportiva del Pacífico mexicano, cuyo objetivo es solamente capturar las especies de mayor tamaño por lo que solo se tienen modelos y análisis para los adultos, dejando un gran vacío de datos para los juveniles (Cerdenares-Ladrón et al., 2012).

Prince y colaboradores en 2006 realizaron la evaluación del movimiento transfronterizo del pez vela a nivel de Centroamérica, utilizando un marcado convencional de peces vela en esta región utilizando

etiquetas de archivo de satélite emergentes (PSAT) para evaluar cuestiones de unidad de ordenación para el pez vela en esta región. Como resultados obtuvieron los vectores de desplazamiento fuera de la ZEE o aguas territoriales de Centroamérica. Los resultados de este estudio mostraron que, dado el tiempo de residencia relativamente corto en las aguas nacionales de los individuos marcados, los movimientos sugieren que este recurso requiere manejo a nivel regional en lugar de a nivel nacional (Prince et al., 2006).

El pez vela presenta un crecimiento rápido durante su primer año de vida y los individuos se reclutan al stock de adultos a partir del cuarto año de vida. A pesar de esto, la estructura de edades que reportan varios autores en su rango de distribución difiere, sugiriendo que es el efecto de la etapa del ciclo de vida en que se encuentran los organismos en cada área durante sus migraciones (Prince et al., 2006). Sin embargo, se ha reportado que la estructura por tallas de las capturas de pez vela, presenta una tendencia unimodal generalizada en los individuos capturados frente al litoral de Guatemala (Cerdenares-Ladrón et al., 2012).

Ehrhardt & Fitchett (2006), generaron la estimación de la abundancia, y cómo la especie respondía en términos de distribución a la termoclina presente en el Pacífico centroamericano, así como la importancia de la especie en la pesca deportivas. Los autores señalaron las implicaciones ecosistémicas en las zonas de la población de pez vela explotadas y la necesidad de un enfoque más integral para administrar el recurso. Para que esto identificaron varias necesidades; entre ellas evaluar el estado sobre la explotación del pez vela, si se requiere la sostenibilidad a largo plazo de este recurso.

El estudio de Ponce (2015) analizó la asociación de la distribución y abundancia del pez vela y la temperatura superficial en el Pacífico de Guatemala. Para ello se consideraron datos de liberaciones y piques de Campeonatos Nacionales de Liberación de Pez Vela de los años 2008 hasta 2012, y resultados in situ del campeonato de 2013, incluyendo datos de temperaturas superficiales del Pacífico guatemalteco. Para cada campeonato se estimó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), siendo 2.8 liberaciones por pescador deportivo en cada viaje de pesca, la cual se tomó como un indicador de abundancia relativa de la especie.

Analizando también, la relación entre las tasas de captura de torneos y los índices de compresión del hábitat mediante regresiones lineales. Para responder a la pregunta de por qué la tasa de captura de pez vela recreativo son diferentes en el tiempo y el espacio, por lo que se supusieron tres categorías de factores, el área o zona de captura considerada, las variantes de temperatura observadas y las tasas de captura (Ponce, 2015).

Por otro lado, en el año 2019 se llevó a cabo un análisis con enfoque más económico el cual se centró en entender el efecto de la compresión del hábitat, aproximado por la profundidad de la capa mixta, sobre la capturabilidad del pez vela (por qué la tasa de captura de pez vela recreativo son diferentes en el tiempo y el espacio). A través del análisis de la profundidad de la capa mixta en Guatemala, este estudio evidencio que para apoyar la hipótesis de que la compresión del hábitat influye positivamente en las tasas de captura de los torneos. Se encontró que las tasas de captura en Guatemala mejoraron cuando la profundidad de esta capa era homogénea (Brown, 2019).

Modelo de viabilidad poblacional para planes de manejo de las especies

El análisis de viabilidad poblacional (PVA) simula el riesgo de disminución o extinción de la población de especies animales de interés, este análisis utiliza modelos de simulación por computadora. Estos modelos intentan reproducir los procesos de reproducción, supervivencia, dispersión, migración, entre otros, que definen la demografía de una especie. Este tipo de análisis es una herramienta que puede ser utilizada por las instituciones encargadas del manejo y de la conservación de la diversidad biológica, para comprender qué poblaciones están en mayor riesgo y evaluar su sostenibilidad, en términos de reducción del riesgo de extinción, a través de acciones de manejo (Jaric, Ebenhard, & Lenhardt, 2012).

El PVA utiliza datos de las especies sobre aspectos poblacionales para construir modelos útiles que permitan visualizar el futuro próximo de una población bajo aprovechamiento o extracción. Estos modelos se basan además de datos demográficos de la especie, en datos de campo disponibles e información sobre el medio y amenazas para estimar el riesgo de extinción en una población silvestre (Wenger et al., 2017).

Estos modelos y herramientas de apoyo ayudan a avanzar hacia una mejor conservación de las especies con diversas amenazas, enfocadas en evaluar las necesidades y oportunidades de manejo (Clark, Backhouse & Lacy, 2014). Por lo que utiliza modelos informáticos para simular factores deterministas y estocásticos que interactúan, tales como procesos demográficos, genéticos, espaciales, ambientales y eventos climáticos adversos, que actúan sobre poblaciones y evalúan su vulnerabilidad a la extinción de la población a largo plazo.

El PVA es una herramienta útil para la gestión de especies amenazadas por lo que tiene un gran potencial para los administradores de vida silvestre. Para la aplicación del PVA se utiliza el programa de computo Vortex para simular el comportamiento de la población resultante de datos demográficos aleatorios, variación ambiental, y eventos catastróficos y se ejecuta en una computadora. Los resultados de PVA, son escenarios sobre la extinción y sobrevivencia de la especie y se pueden utilizar para establecer a futuro metas y estrategias de manejo para las especies inspeccionadas (Clark, Backhouse, & Lacy, 2014).

El desarrollo de modelos de la población que sean capaces de evaluar su viabilidad y los riesgos de extinción podrían ser esa herramienta que abordaría las lagunas existentes en el conocimiento y la comprensión de la ecología e historia de vida de cualquier especie. El PVA es el método que se ha convertido en la herramienta indispensable en biología de la conservación durante las últimas dos décadas, especialmente porque se ocupa explícitamente de las incertidumbres en datos y procesos ecológicos (Jaric, Ebenhard, & Lenhardt, 2012). Este enfoque, sin embargo, no se había aplicado al pez vela.

El PVA es una colección de métodos para evaluar las amenazas que enfrentan las poblaciones de especies, sus riesgos de extinción o declive, y sus posibilidades de recuperación, según datos y modelos específicos de cada especie. En comparación con otras alternativas para tomar decisiones de conservación, el PVA proporciona una metodología rigurosa que puede utilizar diferentes tipos de datos, una forma de incorporar incertidumbres y variabilidades naturales, y productos o predicciones que son relevantes para los objetivos de conservación. Las desventajas que el PVA presentan incluyen

su enfoque de una sola especie y requisitos de datos que pueden no estar disponibles para muchas especies (Akçakaya & Sjögren-Gulve, 2000).

A nivel internacional, el PVA aplicado con Vortex se ha desarrollado para varias especies en peligro o bajo diferentes intensidades de explotación y amenazas. Existen al menos 87 PVAs desarrollados para casi 81 especies (Morrison, Wardle, & Castley, 2016), algunos ejemplos son sobre el esturión salvaje (*Danube sturgeon*) (Jaric, Ebenhard, & Lenhardt, 2012), el goral o cabrito de cola larga (*Naemorhedus caudatus*) (Kim, Lee, Lee, & Jang, 2016), el delfín de Héctor (*Cephalorhynchus hectori*) (Burkhart & Slooten, 2010).

7 Objetivos (generales y específicos aprobados en la propuesta)

Objetivo General

Desarrollar un modelo de viabilidad poblacional como línea base para el establecimiento del monitoreo participativo de la población de pez vela (*I. platypterus*) en el Pacífico de Guatemala.

Objetivos Específicos

- Desarrollar el modelo base de la población de pez vela en el área de estudio a través del desarrollo de un modelo base de viabilidad poblacional de la especie.
- Desarrollar escenarios de viabilidad poblacional del pez vela con referencia al modelo base con variantes de diferentes amenazas e intensidad de captura.
- Determinar, describir y validar las variables y el modelo de viabilidad poblacional con el sector pesquero.

8 Hipótesis (si aplica)

No aplica para este estudio.

9 Materiales y métodos (enfoque, métodos, recolección de información, técnicas e instrumentos, procesamiento y análisis de la información)

9.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación (cuantitativo, cualitativo o mixto): Enfoque Mixto

9.2 Método

Análisis de viabilidad poblacional (PVA)

Es un método de evaluación de riesgos que se usa con frecuencia en biología de la conservación. Se define como el proceso que determina la probabilidad de que una población de una especie de interés se extinga en un número de años determinado. El PVA se puede utilizar durante el paso de revisión del estado, para evaluar el riesgo de extinción y para evaluar la importancia relativa de las amenazas. Se utiliza para definir acciones para evaluar la eficacia relativa de diferentes intervenciones de gestión e identificar parámetros clave para el seguimiento, y durante el paso evaluar y adaptar, donde se utilizan nuevos datos del seguimiento para evaluar el progreso en el manejo y la conservación de una especie en particular (Wenger et al., 2017).

El análisis de viabilidad de la población (PVA) es un análisis que se utiliza en biología de la conservación para pronosticar las tasas de extinción de especies amenazadas o que se han declarado en peligro de extinción o que se desconoce la magnitud del estado de amenaza de una especie (Morrison, Wardle, & Castley, 2016). Los valores de entrada del modelo se recolectarán a partir de literatura publicada sobre la biología y ecología de la especie y modelaje de poblaciones de otras especies. Los datos demográficos de la especie son escasos y la información requerida por Vortex se ingresó a partir de los datos de investigaciones científicas sobre las poblaciones de pez vela de la región.

9.3 Recolección de información

Selección de los sujetos:

Población de pez vela del área de estudio.

Formación de los grupos de enfoque para consulta:

Pescadores deportivos nacionales e internacionales: se contactaron pescadores deportivos a los cuales se les solicitó información sobre las amenazas e intereses de investigación sobre el pez vela, así como contactos sobre otros pecadores.

Investigadores nacionales e internacionales: se contactó a investigadores nacionales e internacionales relacionados con estudios de diferente enfoque en la zona de distribución de la especie de interés, para hacer la consulta sobre las prioridades de investigación sobre el pez vela en Guatemala y su interés en participar en estudios futuros sobre la especie.

Fuentes primarias y bibliografía especializada:

Recopilación de datos: Se recopilaron datos ecológicos e información sobre aspectos biológicos de la especie a través de una revisión y recopilación exhaustiva de la información biológica y ecológica del pez vela proveniente de investigadores científicas en la región, datos existentes de los pescadores deportivos, informes técnicos, documentos.

Consulta a grupos de enfoque:

Encuestas: Se realizaron encuestas virtuales a 30 investigadores y 8 pescadores deportivos, con el objetivo de obtener información y opiniones sobre las necesidades de investigación en el área y las amenazas que también se deben evaluar y ser incluidas en el documento de línea base para plantear una referencia sobre la investigación del pez vela en el área de interés.

Talleres y reuniones virtuales: Se realizaron reuniones virtuales para presentar los avances y resultados del proyecto y socializar los resultados (Apéndice 1. Talleres).

Enlaces y comunicación: Comunicaciones virtuales y telefónicas con informantes claves para el estudio, a través de WhatsApp y correo electrónico. Principalmente para consultar sobre contactos y envío de encuestas.

9.4 Técnicas e instrumentos

Procesamiento y sistematización de la información recopilada:

- Base de datos perfil biológico para análisis PVA: Esta base de datos de historia natural, perfil biológico y reproductivo del pez vela, fue elaborada con información biológica y ecológica de la especie como resultado de la revisión exhaustiva de estudios y publicaciones sobre la especie en la región y en los sitios más importantes sobre su distribución a nivel global.
- Base de datos de literatura consultada: Esta base de datos contiene el registro de la información de cada uno de los documentos consultados. Como una recopilación importante derivada de la búsqueda de estudios sobre la especie en la región y a nivel global.
- Base de datos de grupos de enfoque: Esta base contiene datos de los investigadores y pescadores que fueron identificados como personas clave para el abordaje y consulta sobre las necesidades de investigación sobre el pez vela y su hábitat.
- Formularios electrónicos: Se elaboraron los formularios para las encuestas virtuales a los investigadores y pescadores, con diferentes fines, se enviaron dos tipos de encuestas (Apéndice 2. Encuestas).

Procedimientos técnicos: Se realizó la elaboración y envío de encuestas electrónicas a los grupos de enfoque, procesamiento de las respuestas obtenidas, creación de bases de datos.

Programas de computación: software libre Vortex version 10.5.5, ArcMap, Microsoft Office (Word, Excel, Power point), Google drive, Google forms.

9.5 Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Análisis de Viabilidad de Poblaciones

Las evaluaciones de modelado sobre la extinción de una población silvestre, se conocen como Análisis de Viabilidad de Poblaciones (PVA, por sus siglas en inglés) la cual es una herramienta útil para identificar los factores determinantes en el crecimiento poblacional y permanencia de especies de vida silvestre, utilizando datos de la historia natural de una especie (Morrison, Wardle & Castley, 2016).

Los valores de entrada del modelo son los datos de historia natural, perfil biológico y reproductivo de la especie, que se recopilaron a través de una revisión y compilación exhaustiva de la información biológica y ecológica del pez vela proveniente de investigaciones en la región del Pacífico Este Tropical (EPO, por sus siglas en inglés) especialmente para Centroamérica.

- Madures sexual
- Cantidad y sobrevivencia de las crías
- Tiempo de vida
- Tasas de natalidad
- Mortalidad
- Tasas de migración
- Tasa de extracción

Supuestos del modelo

- Se diseñó un modelo base sobre la viabilidad poblacional para el pez vela. Se incorporaron los valores de entrada entre ellos, datos demográficos, valores sobre tasa de mortalidad en diferentes edades, mortalidad por pesca, capacidad de carga, entre otros valores de acuerdo a la tabla 5.
- Para el modelo base también se ajustó la tasa de mortalidad de acuerdo a la tabla 6. Modelo base para el pez vela: calibración de datos de entrada sobre la mortalidad.
- Con este estudio se espera evidenciar la falta de información sobre la especie, y alentar la implementación del monitoreo participativo de la especie en el país.

- El modelo base se utilizó después para realizar otros escenarios con diferentes parámetros de importancia para la población como diferentes mortalidades en pesquerías.
- El programa Vortex, utiliza una simulación de Monte Carlo para modelar el efecto de los factores determinísticos y estocásticos sobre poblaciones silvestres. Los eventos determinísticos son constantes en el tiempo como la contaminación, pesca, pérdida de hábitat, y fragmentación del hábitat; y por otro lado los eventos estocásticos están relacionados con una probabilidad de ocurrencia y se clasifican como demográficos tales como las probabilidades de reproducción, supervivencia, enfermedades y genética como la deriva genética y la endogamia.
- Se modeló una población estable para el mar territorial de Guatemala, por lo que se estableció como población inicial 5,000 individuos (N) que se considera estable, la cual es una fracción derivada de una población de 25,000 individuos para el EPO (Collette et al., 2011).

9.6 Procesamiento y análisis de la información

En este estudio para modelar la viabilidad poblacional (PVA) del pez vela (*Istiophorus platypterus*) nos centramos en modelar la extinción de la población y tasa de sobrevivencia de la población del pez vela en el área de estudio.

Los datos utilizados son los datos biológicos y ecológicos recopilados a través de una revisión y recopilación exhaustiva de la información del pez vela proveniente de investigaciones en la región, artículos científicos, tesis de grado y datos existentes de los pescadores deportivos y turísticos y agencias de servicios asociados a la pesca deportiva.

El PVA realizado con el software libre Vortex versión 10.5.5, generó una simulación individual de fuerzas deterministas, así como eventos estocásticos demográficos, ambientales y genéticos en las poblaciones de vida silvestre. Puede modelar muchos de los vórtices de extinción que pueden amenazar la permanencia de las poblaciones. Vortex modela la dinámica de población como eventos secuenciales que ocurren de acuerdo con probabilidades que son variables aleatorias que siguen distribuciones manipuladas y determinadas por el usuario (Lacy & Pollak, 2021).

Así mismo, Vortex simula una población pasando por una serie de eventos que describen un ciclo anual de un organismo de reproducción sexual: selección de pareja, reproducción, mortalidad, incremento de la edad en un año, dispersión entre poblaciones, remociones, suplementación y capacidad de carga. La simulación de la población se repite muchas veces para generar la distribución de destinos que podría experimentar la población (Lacy & Pollak, 2021).

Como resultado, cada simulación o iteración del modelo, generó un escenario diferente. Al permitir que las variables aleatorias cambien dentro de ciertos límites, el software predijo al final de cada simulación: riesgo de extinción y tamaño medio de las poblaciones supervivientes (Lacy, 2000).

Mediante la ejecución del modelo se generó una serie de escenarios que permitirán evidenciar la viabilidad de la población de pez vela en el Pacífico de Guatemala, bajo ciertas condiciones de extracción.

Parámetros generales empleados para en el modelo de viabilidad poblacional

Uno de los parámetros principales es el número de individuos iniciales, es decir la abundancia de peces vela en el área de estudio, para esto se llevó a cabo el siguiente cálculo. Este cálculo se describe a continuación.

Tamaño de la población (N)

Debido a que no existe un valor estimado sobre la abundancia total de la población real de peces vela para el Pacífico de Guatemala, se procedió a estimar el valor de N (número inicial de individuos) utilizando valores de referencia de la literatura especializada más reciente sobre la especie. Para esta estimación se realizó una relación de datos sobre toneladas de captura en el EPO, relacionando esto con el tamaño en peso de un individuo en toneladas, para estimar cuantos individuos incluían una tonelada.

Esto dio como resultado un número de 25,000 individuos para el EPO, y se asumió la quinta parte, considerándose la presencia de 5,000 individuos para el territorio marino del Pacífico de Guatemala.

Los resultados de la estimación se presentan en la tabla 1, los parámetros iniciales son:

- Toneladas de peces vela capturadas en el EPO = 500 t (Collette et al., 2011)
- Peso de 1 pez vela adulto = 20 kg (Jolley,1977)

Tabla 1 Relaciones de peso utilizadas para estimar la población inicial de peces vela en el Pacífico de Guatemala

Toneladas (t)	Kilogramos (kg)
1	1000
500	500,000
Kilogramos (kg)	Individuos
20	1
500,000	25,000

Valores de mortalidad

Para conocer el efecto de la pesca en el stock de peces, fue necesario distinguir entre las mortalidades por pesca (F) y aquellas causadas por otros factores. Z es el coeficiente de proporcionalidad que toma en cuenta el número total de muertes, el cual fue de 0.25 (Gulland & Boerema,1972). Para las muertes derivadas de la pesca, F es el coeficiente de proporcionalidad y M para las muertes naturales.

Para establecer el porcentaje de mortalidad a utilizar, se derivó de la búsqueda de los valores de mortalidad en diferentes etapas de desarrollo de la población de peces vela (Z), así como parámetros de mortalidad provocadas por pesquerías que lo afectan (F), tanto la pesca deportiva como la pesca con palangre, que operan en la zona costera y alta mar del Pacífico centroamericano.

Tabla 2 Tasas de mortalidad de peces vela por intervalos de edad.

Intervalo de edad	Z Tasa de Mortalidad	Fuente
0-1 años	0,228 - 0,381	Simms et al., 2010
1-2 años	0.2	Fitchett (2015)
2-3 años	0.2	Fitchett (2015)
>4 años	0,23 a 0,28.	Ehrhardt & Fitchett (2014)
>4 años	0.25	Gulland & Boerema (1972)

Tabla 3 Valores de mortalidad natural

M Coeficiente de mortalidad natural	
0.55	Cerdenares-Ladrón et al., (2012)
0.228 - 0.381	Simms et al., (2010)

De la ecología del pez vela, se sabe que es blanco de dos principales pesquerías, siendo estas la pesca deportiva, donde se ha estimado que existe una mortalidad de 10 % (Domeier et al., 2003) al 25 % de los peces capturados y liberados (Hinton & Maunder, 2011).

Así como de la pesca con palangre que se realiza en la zona más costera del mar territorial y el palangre industrial que se realiza en alta mar, en la zona económica exclusiva, dónde operan flotas industriales extranjeras, en donde la mortalidad va de 10 a 39 % en captura incidental (Collette, et al., 2015).

Tabla 4 *Coefficientes de mortalidad por tipos de pesca*

Tipo de pesca	F Coeficiente de mortalidad por pesca	Fuente
Pesca deportiva	25%	Hinton & Maunder (2011)
Pesca deportiva	10%	Domeier et al. (2003)
Palangre	10%	Collette, et al. (2015)
Palangre	12%	Kerstetter & Graves (2008)
Palangre	39%	Collette, et al. (2015)

Los parámetros empleados para el modelo de viabilidad poblacional son de varios autores y algunos simulados por Vortex como datos estándar de las poblaciones en general. La siguiente tabla 5 reúne los valores utilizados para correr el modelo base, sobre el cual se realizarán posteriormente las aplicaciones de diferentes coeficientes de mortalidad por pesca, para determinar si potencialmente se puede presentar una extinción en la especie, la intensidad y tiempo de trayectoria de la misma.

Tabla 5 *Valores utilizados para el modelo base para el pez vela*

Parámetro	Valor	Fuente
Descripción de la especie	Depresión por endogamia= 100	Valor estándar dado por Vortex
	Porcentaje de los alelos = 100	Valor estándar dado por Vortex
Sistema de reproducción	Tipo de apareamiento: poliginia	Cerdenares-Ladrón et al., (2012)
	Edad de la primera reproducción en hembras= 2.5 años	
	Edad de la primera reproducción en machos= 2.5 años	Cerdenares-Ladrón et al. (2012)
	Máxima vida útil = 6 años	Fitchett (2015)
	Máxima de partos por año= 3	Simms et al., (2010)

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Parámetro	Valor	Fuente
	Máximo de crías por camada= 1,600,000	Simms et al., (2010)
	Proporción de sexos al nacer= 50% (1:1)	Cerdenares-Ladrón et al., (2012)
	Edad máxima de reproducción en hembras= 9 años	Hernández y Ramírez (1998)
	Edad máxima de reproducción en machos= 9 años	Hernández y Ramírez (1998)
Tasas reproductivas	% de hembras adultas gestando= 50%	
	Distribución de nacimientos por año= 3	Simms et al., (2010)
	Distribución del número de crías por hembra por nacimiento = 100	
Tasas de mortalidad	Mortalidad	
	Edad 0 a 1 años = $Z=0.228 - 0.345$	Fitchett (2015)
	Edad 1 a 2 años = $Z=0.228 - 0.345$	Fitchett (2015)
	Edad después de 2 años = $Z=0.4$	Fitchett (2015)
	Coefficiente de mortalidad natural (M)= 0.55 anual	Cerdenares-Ladrón et al., (2012)
	Tasas de mortalidad= $M = 0.228-0.381$	Simms et al., (2010)
	Intervalo de mortalidad $Z=0.23$ a 0.38	Simms et al., (2010)
Tasa de captura	2.7 organismos /viaje	Cerdenares-Ladrón et al., (2012)
	2.8 liberaciones por pescador deportivo	Ponce, (2015)
Tamaño de población inicial EPO	25,000 individuos	Collette et al. (2011)
Tamaño de población inicial área de estudio	5,000 individuos	Collette et al. (2011)
Capacidad de carga	Con una capacidad de carga de 8,000 individuos, en función de la capacidad de crecimiento de la especie, que presenta 3 generaciones por año, aproximadamente 15,000 individuos se producen en total (Simms et al., 2010), los recursos limitantes del ecosistema delimitan también a la población inicial	Collette et al. (2011), Simms et al., (2010)

10 Resultados

10.1 Modelo base de viabilidad poblacional del pez vela en el Pacífico de Guatemala.

El modelo base fue construido, bajo el esquema del análisis de viabilidad poblacional, realizado a través del acopio de información sobre la biología de la especie y su mortalidad, así como las tasas de extracción que se observan para la especie en la región de estudio. El modelo provee una base sobre la cual se puede continuar afinando y enriqueciendo esta importante herramienta que permite modelar y simular la historia natural del pez vela, para determinar su sobrevivencia bajo diferentes circunstancias de presión y mortalidad.

Tabla 6 Modelo base para el pez vela: calibración de datos de entrada sobre la mortalidad

Mortalidad 0-1 años (%)	Clase edad (años)	Días de nacidos		Individuos Iniciales (No)	N(t)	% sobreviven	Tasa % mueren
	0-1	t-Tr-Tiempo	Z-mortalidad				
Z =0.228 - 0.345 Promedio: 0.2865		0	0.2865	3200000000			
		1	0.2865	3200000000	2402838651	75.08870785	24.9112921
		5	0.2865	3200000000	763876471	23.87113972	76.1288603
		60	0.2865	3200000000	109.553898	3.42356E-06	99.9999966
Mortalidad 1-2 años (%)	Clase edad (años)	Años		Individuos Iniciales (No)	N(t)	% sobreviven	% mueren
	1-2	t-Tr-Tiempo	Z-mortalidad				
Z =0.2		0	0.2	110			
		1	0.2	110	90.0603828	81.87307531	18.1269247
Mortalidad 3-4 años (%)	Clase edad (años)	Años		Individuos Iniciales (No)	N(t)	% sobreviven	% mueren
	3-4	t-Tr-Tiempo	Z-mortalidad				
Z =0.25		0	0.25	90			
		1	0.25	90	70.0920705	77.88007831	22.1199217
		2	0.25	90	54.5877594	60.65306597	39.346934
		5	0.25	90	25.7854317	28.65047969	71.3495203
		10	0.25	90	7.38764988	8.208499862	91.7915001
Mortalidad 0-1 años (%)	Clase edad (años)	Días		Individuos Iniciales (No)	N(t)	% sobreviven	% mueren
	0-1	t-Tr-Tiempo	Z-mortalidad				
Z =0.344 - 0.381		0	0.3625	8800000000			

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Promedio: 0.3625	1	0.3625	8800000000	6124221960	69.59343137	30.4065686	
	24	0.3625	8800000000	1465955.14	0.016658581	99.9833414	
	60	0.3625	8800000000	3.15193818	3.58175E-08	100	
Mortalidad 1-2 años (%)	Clase edad (años)	Años					
	1-2	t-Tr-Tiempo	Z-mortalidad	Individuos Iniciales (No)	N(t)	% sobreviven	% mueren
Z =0.2		0	0.2	3			
		1	0.2	3	2.46	81.87307531	18.1269247
Mortalidad 3-4 años (%)	Clase edad (años)	Años					
	3-4	t-Tr-Tiempo	Z-mortalidad	Individuos Iniciales (No)	N(t)	% sobreviven	% mueren
Z =0.25		0	0.25	2			
		1	0.25	2	1.56	77.88007831	22.1199217
		2	0.25	2	1.21	60.65306597	39.346934
		5	0.25	2	0.57	28.65047969	71.3495203
		10	0.25	2	0.16	8.208499862	91.7915001

*Calibración de población estable

**Población que no se limita por la capacidad de carga

10.2 Escenarios de sobrevivencia y extinción de la especie (modelaje iterativo)

El modelo base se utilizó para calcular las características determinísticas de la población, a partir de la combinación de diferentes presiones como la mortalidad y la extracción pesquera, con este modelo se puede determinar el tiempo de sobrevivencia de la especie.

Los resultados descritos a continuación derivan del modelo base aplicando parámetros que varían sobre las tasas de extracción y mortalidad del pez vela (Tabla 7), con lo cual se modelaron los siguientes escenarios.

Tabla 7 Valores de entrada para el escenario base y escenarios con diferentes % de mortalidad

No.	Escenario	Número de individuos (N)	Capacidad de carga (K)	Individuos que se extraen	No. machos extraídos	No. hembras extraídas
0	Modelo base	5000	8000	0	0	0
1	Extracción en pesca deportiva 20%	5000	8000	100	50	50
2	Extracción palangre 10%	5000	8000	500	250	250
4	Extracción palangre 39%	5000	8000	1950	975	975
5	Palangre 10% + deportiva 20%	5000	8000	600	300	300
6	Palangre 39% + deportiva 20%	5000	8000	2050	1025	1025

Modelo Base

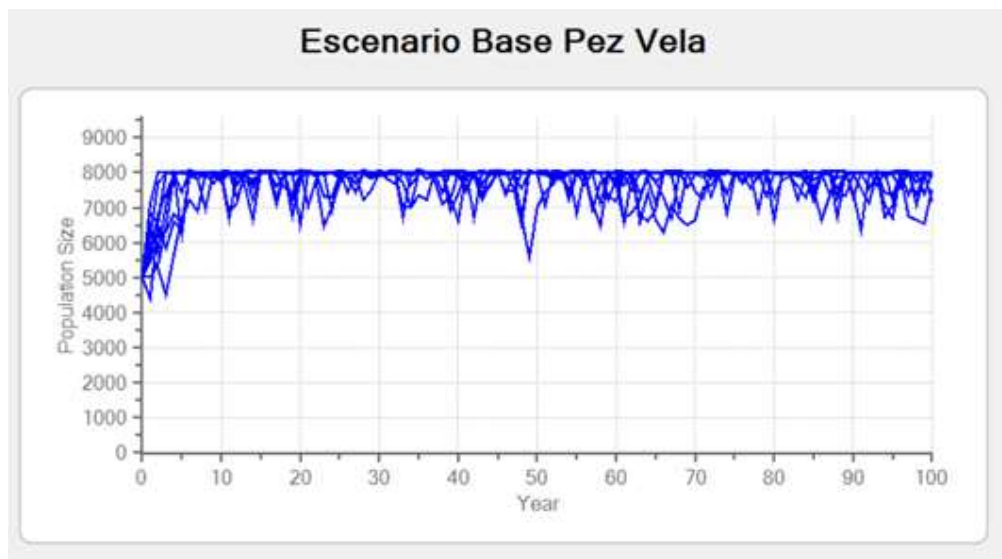
La tabla 8 muestra para este escenario resultante las estimaciones de la probabilidad de extinción muestran que la población presenta un equilibrio, y no se extingue en el tiempo, esto debido a que se aplican la mortalidad natural y la extracción se simula con valores ausentes, a partir de una población de 5,000 individuos derivado de la población regional (Collette et al., 2011).

En la figura 2 se muestra la gráfica obtenida de las 10 simulaciones para el escenario base, se observa que la población permanece a través del tiempo con la tasa de mortalidad natural de $M = 0.55$ y tasa de extracción igual a 0. Con una capacidad de carga de 8,000 individuos (Simms et al., 2010), los recursos limitantes del ecosistema delimitan también a la población inicial, no obstante, no se evidencia impacto a largo plazo.

Tabla 8 Resultados del modelo base PVA para el pez vela

Parámetro	N (número de individuos)	r	SD(r)	Probabilidad de extinción	GeneDiv (Diversidad genética)
Valor	7850	0.114	0.133	0.00	100

Figura 2 Modelo Base sobre la dinámica de la población de pez vela.



Nota: Gráfica sobre la población versus el tiempo - Modelo Base sobre la dinámica de la población de pez vela.

Escenario 1: con pesca deportiva mortalidad 10%

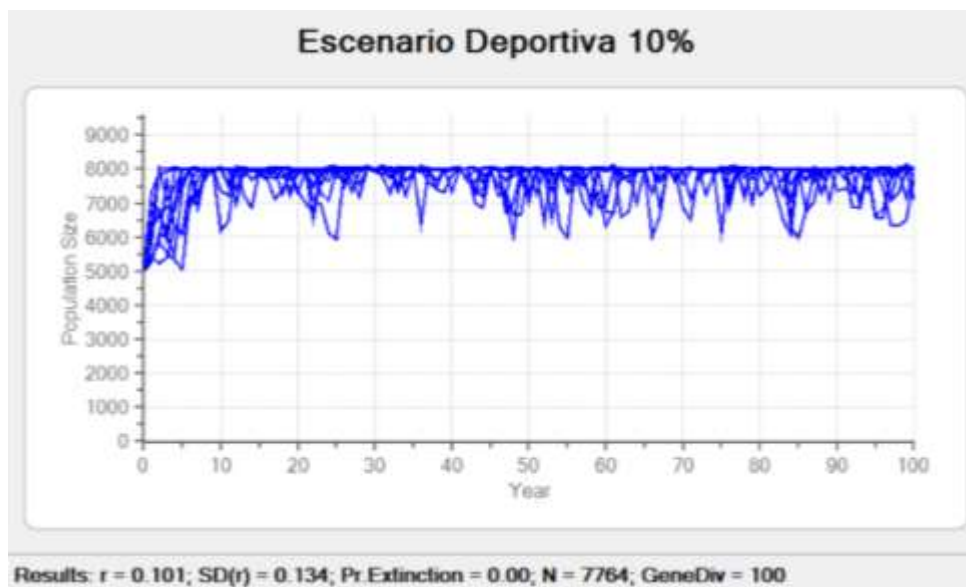
Para este escenario se utilizó el valor del promedio de 1,000 individuos capturados durante los años 2008 a 2013 hubo un total de 5,725 especímenes capturados, aproximadamente 1000 individuos por año (Ponce, 2015), a lo que se aplicó la mortalidad de 10% por pesca deportiva (Domeier et al., 2003) de los pescados que son 1000 al año, lo que resulto en un valor de 100 especímenes muertos al año.

En la figura 3 se muestra la gráfica obtenida de las simulaciones para el escenario 1, en se este parte de una población de 5,000 individuos, una capacidad de carga de 8,000 individuos y se aplicó la tasa de mortalidad de 10 % por pesca deportiva (Domeier et al., 2003). Se observa que con este tipo de pesca la población permanece en el tiempo con la tendencia de las 10 iteraciones que muestran una nula (0) probabilidad de extinción de la especie, el rango de iteraciones oscila entre los 0 a 100 años.

Tabla 9 Resultados del Escenario 1 con pesca deportiva 10% mortalidad

Parámetro	N (número de individuos)	Probabilidad de extinción	GeneDiv (Diversidad genética)
Valor	7764	0.00	100

Figura 3 Escenario 1 con pesca deportiva.



Nota: Gráfica sobre la población versus el tiempo, obtenida de las simulaciones para el escenario 1 con pesca deportiva (10%)

Escenario 2: con extracción por palangre mortalidad 10%

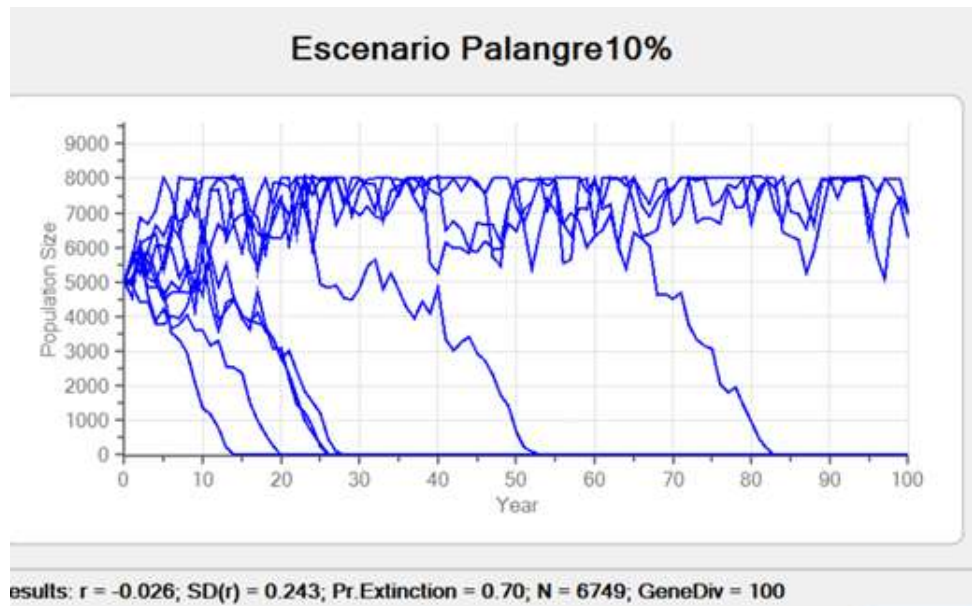
En este escenario se observa que la población permanece en el tiempo. La tendencia de las iteraciones muestra una permanencia de la población, con una mediana (0.70) probabilidad de extinción de la especie, con iteraciones que oscilan entre los 15 a >100 años de permanencia.

La figura 4 muestra la gráfica obtenida de las simulaciones para el escenario 2, en este se parte de una población de 5,000 individuos, una capacidad de carga de 8,000 y se aplicó la tasa de mortalidad de 10 % por palangre.

Tabla 10 Resultados del Escenario 2 con palangre 10% mortalidad

Parámetro	N (número de individuos)	Probabilidad de extinción	GeneDiv (Diversidad genética)
Valor	6749	0.70	100

Figura 4 Escenario 2 con pesca de palangre 10%



Nota: Gráfica sobre la población versus el tiempo sobre la dinámica del pez vela sometido a una tasa de mortalidad del 10% provocada por captura en palangre.

Escenario 3: con mortalidad por palangre de 39%

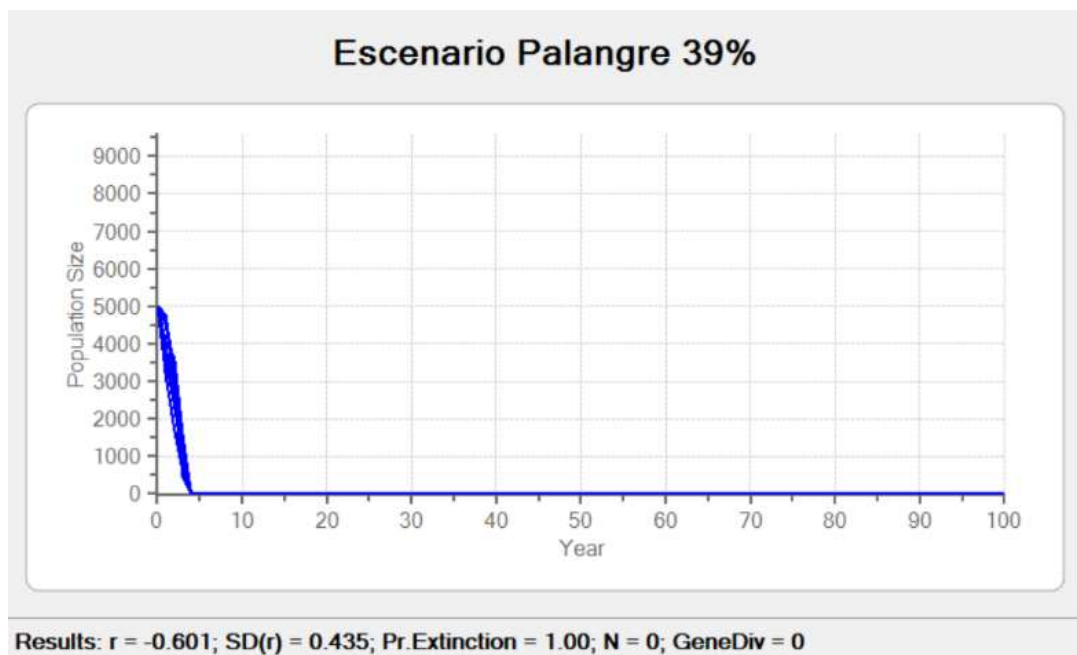
El escenario 3 muestra que la población se extingue rápidamente a los 5 años, con la tendencia de las iteraciones muestra la extinción de la población, con una alta (1.00) probabilidad de extinción de la especie.

La figura 5 muestra la gráfica obtenida de las simulaciones para el escenario 3, en este se parte de una población de 5000 individuos, una capacidad de carga de 8,000 individuos y se aplicó la mortalidad de 39% causada por palangre.

Tabla 11 Resultados del escenario 3 con palangre 39% mortalidad

Parámetro	N (número de individuos)	Probabilidad de extinción	GeneDiv (Diversidad genética)
Valor	0	1.00	0

Figura 5 Escenario 3 palangre 39% mortalidad



Nota: Gráfica sobre la población versus el tiempo sobre la dinámica del pez vela sometido a una tasa de mortalidad del 39% provocada por captura en palangre.

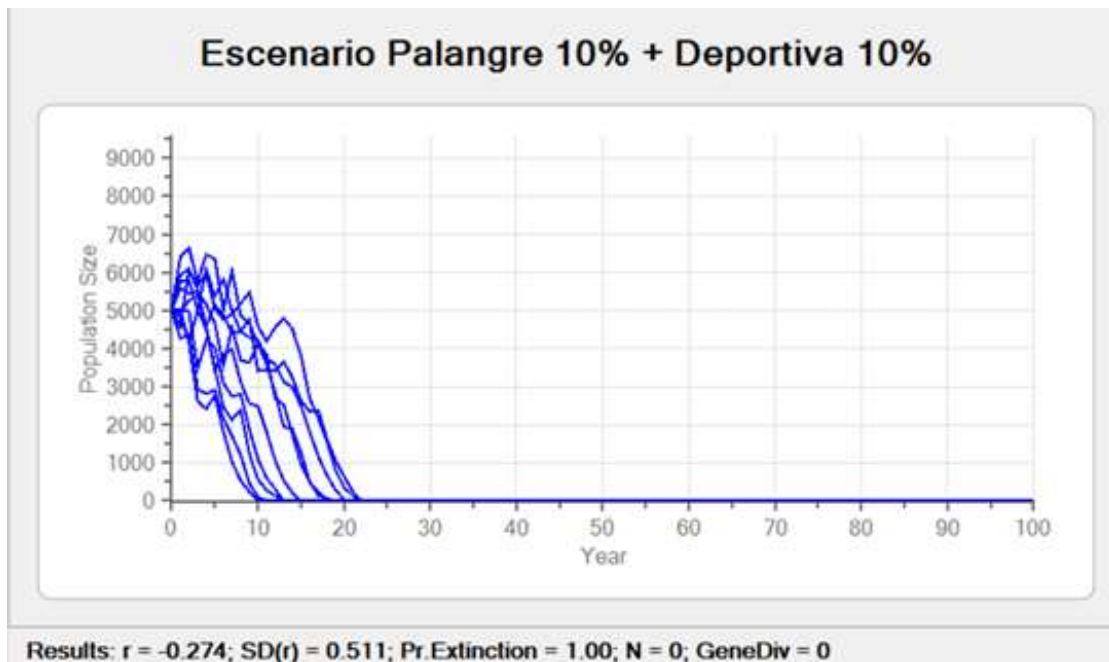
Escenario 4 con mortalidad por palangre 10% y pesca deportiva 10%

Los resultados del escenario 4, parten de 10 simulaciones con 5,000 individuos iniciales, capacidad de carga 8,000 individuos, con mortalidad de 10% por palangre y 10% por pesca deportiva (Domeier et al., 2003). Se observa que la población presenta una alta probabilidad de extinción (1.00) de la especie, con iteraciones que oscilan entre los 10 a 20 años para que se extinga la especie (Figura 6).

Tabla 12 Resultados del escenario 4 con mortalidad de 10% en palangre y 10% pesca deportiva

Parámetro	N (número de individuos)	Probabilidad de extinción	GeneDiv (Diversidad genética)
Valor	0	1.00	0

Figura 6 Escenario 4 con palangre 10% mortalidad y pesca deportiva 10%



Nota: Gráfica sobre la población versus el tiempo sobre la dinámica del pez vela sometido a una tasa de mortalidad del 10% provocada por captura en palangre y 10% pesca deportiva.

Escenario 5 con tasas de mortalidad por pesca con palangre 39% y pesca deportiva 10%

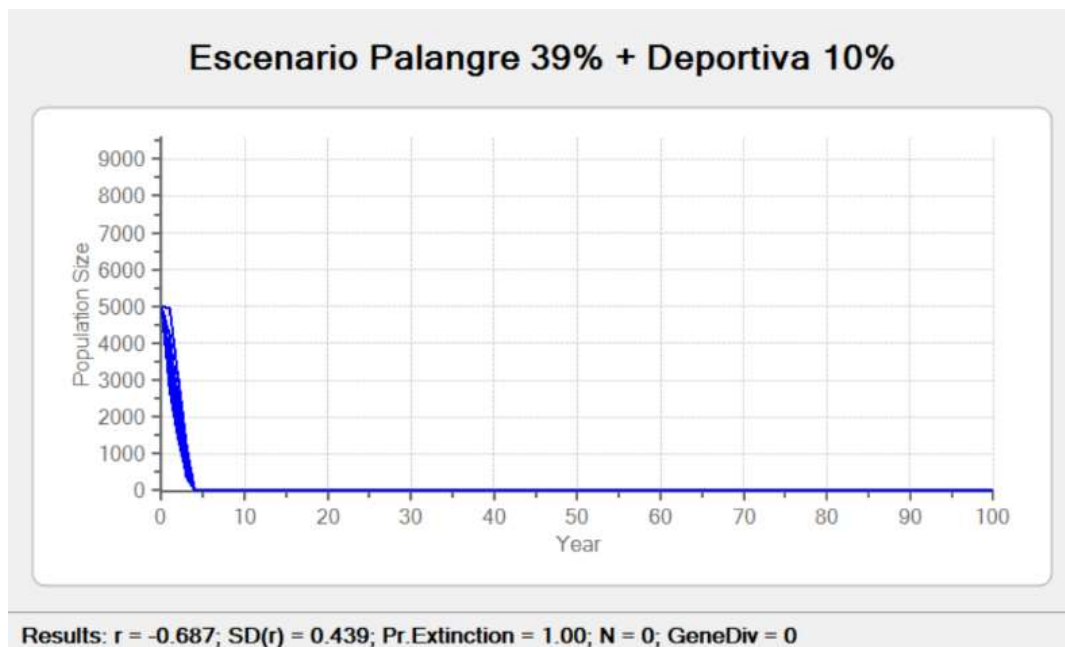
La tabla 13 muestra los resultados de este escenario obtenido de las 10 simulaciones con mortalidad de 39% por palangre y 10% por pesca deportiva.

La figura 7 muestra el escenario 5, donde la población se expone a una tasa de extracción de pesca con palangre (39%), pesca deportiva (10%), 5,000 individuos iniciales, capacidad de carga 8,000 individuos. Se observa que la población presenta una alta probabilidad de extinción (1.00) de la especie, con iteraciones que coinciden en los primeros 5 años (Figura 7).

Tabla 13 Resultados del escenario 5 con mortalidad palangre 39% y pesca deportiva 10%.

Parámetro	N (número de individuos)	Probabilidad de extinción	GeneDiv (Diversidad genética)
Valor	0	1.00	0

Figura 7 Escenario 5 con palangre 39% mortalidad y pesca deportiva 10%



Nota: Gráfica sobre la población versus el tiempo sobre la dinámica del pez vela sometido a una tasa de mortalidad del 39% provocada por captura en palangre y 10% pesca deportiva.

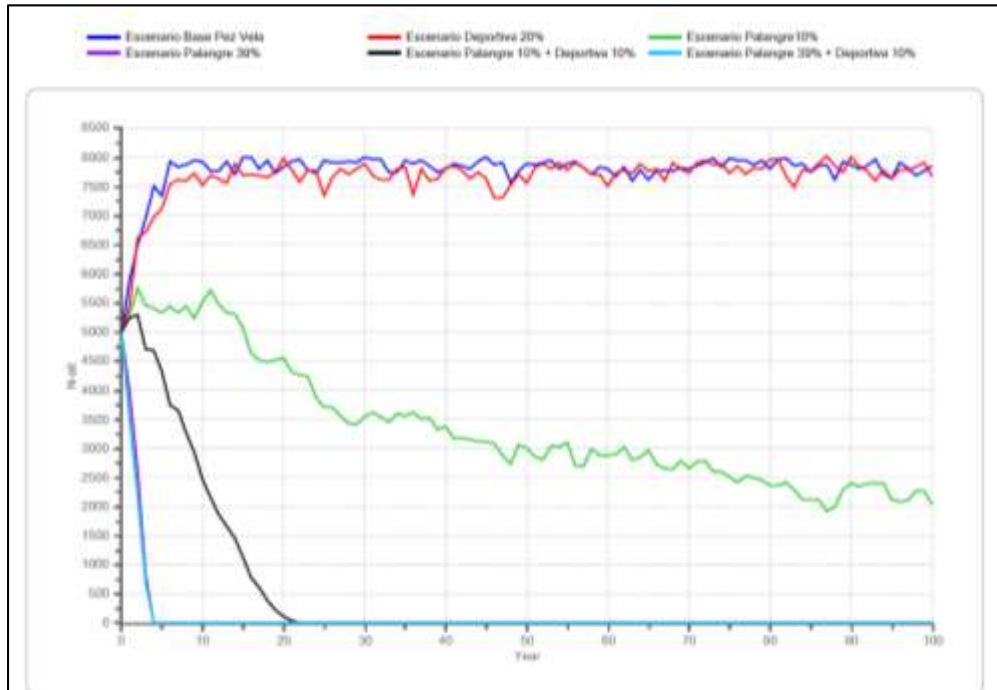
Cuando se comparan los escenarios (Figura 8) se evidencian las diferencias en los resultados sobre la población, la pesca deportiva provoca un menor impacto, en comparación de los escenarios donde la pesca con palangre en varias proporciones tiene un efecto la extinción de la especie. Este efecto se aumenta al combinar pesca con palangre y pesca deportiva.

El escenario base (azul) crece y topa, lo cual representa una población limitada por K , pero es una población con un potencial biótico de reproducirse. Cuando se le agrega la mortalidad en pesca deportiva (rojo), pareciera no afectarle, ya que a esta población con las características que tiene el impacto no sería tan grave.

Con pesca de palangre (verde y negro) son amenazas mayores, no obstante, cuando se suman las pesquerías (morado y celeste), en este caso la pesca deportiva pasa a ser una amenaza cuando la población está presionada por la pesca de palangre para ambas mortalidades.

Existe una gran diferencia entre las disímiles mortalidades, y aunque sea una población sana y con alto potencial de crecimiento, se espera que las pesquerías en aproximadamente 20 a 100 años se verá impactada, por lo que es necesaria la regulación de todas las pesquerías de manera urgente.

Figura 8 Gráfica comparativa sobre los escenarios de viabilidad poblacional para la especie



10.3 Documento técnico sobre la línea base para el monitoreo del pez vela en el Pacífico de Guatemala.

Se identificó la necesidad de describir los aspectos relevantes que deberán ser estudiados sobre el pez vela y que permitan a largo plazo generar la base del conocimiento científico y tecnológico necesarios para la toma de decisiones para la conservación y manejo de la población en Guatemala, así como de los distintos componentes del hábitat marino y de las modificaciones oceanográficas que se relacionan con la especie.

Teniendo en cuenta que la zona marina del Pacífico de Guatemala, tiene características ambientales y ecológicas únicas, y una actividad económica alrededor del pez vela, se hace necesario disponer de información científica detallada y actualizada de la especie, la biodiversidad asociada y los ecosistemas que habita, considerando aspectos biológicos, ecológicos, oceanográficos y de actividades antropogénicas, en especial lo relacionado con la extracción el pez vela (*Istiophorus platypterus*) y su sobrevivencia.

El presente documento establece una orientación de los aspectos relevantes a investigar sobre el pez vela y la importancia de los temas propuestos como una guía establecida, con base en la opinión de investigadores nacionales, relacionados con las pesquerías y las zonas marino costeras de Guatemala.

Enlace a documento:

https://docs.google.com/document/d/1DmHUUcr6K68f5OKFfphwoTAJrnlTL_0-/edit?usp=share_link&oid=108157600978621676180&rtpof=true&sd=true

10.4 Ficha de vida del pez vela

El pez vela es una especie de gran interés para los aspectos ecológicos de la zona marina del Pacífico de Guatemala, a su vez la especie es fundamental para actividades de pesca deportiva y recreativa en la región centroamericana y el Golfo de Tehuantepec. El desarrollo de su “Ficha de vida” es un aporte al conocimiento y sistematización de información vital sobre la especie, en función de construir elementos que aporten al estudio del pez vela en Guatemala.

Enlace a google site:

https://sites.google.com/d/1bEFn2BtEv0-jOA43U0Xr6ORHSrG7zK4_/p/1r4F2TEdLE8uWd92QcB-dTqFh4RWULGgO/edit

11. Discusión de resultados

El Análisis de la Viabilidad de Población (PVA), es utilizado para identificar las amenazas de una población y la probabilidad de que la especie que se analiza pueda persistir por un tiempo definido, así mismo, es utilizado para diferenciar los factores que tengan un efecto importante sobre la extinción de alguna especie (Akçakaya & Sjögren-Gulve, 2000).

El análisis de viabilidad poblacional constituye un conjunto de procedimientos que se realizan para evaluar los efectos de las amenazas que sufren las poblaciones o especies, de forma combinada, para conocer el riesgo de extinción, y ayuda a identificar el declive que una población pueda llegar a sufrir (Morrison, Wardle & Castley, 2016).

En el caso del modelo de viabilidad poblacional (PVA) para el pez vela, se puede ver que la población puede tomar diferentes rumbos de acuerdo a cada uno de los escenarios derivados del modelo base. Cada escenario resulta de una combinación de diferentes parámetros que fueron seleccionados de estudios científicos sobre diversas poblaciones a nivel regional, principalmente México y Centroamérica.

Cabe señalar, la falta de valores de parámetros poblacionales y de la dinámica de las pesquerías que se pudo evidenciar durante la búsqueda de la información. Aquí resalta el hecho de la necesidad de incentivar y financiar la investigación sobre especies como el pez vela, ya que, de esta disposición de datos constantes, depende un análisis más certero y a largo plazo de la viabilidad poblacional de la especie.

Existe una gran relevancia en las tendencias históricas en abundancia relativa del pez vela, y es que una de las bases que sostiene a la industria de la pesca deportiva, es ese acceso a los peces de especies grandes y atractivas, y que son abundantes para proporcionar altas tasas de captura, como lo es el Pacífico de Centroamérica, y el acceso a peces de tamaño trofeo para mejorar la experiencia de pesca deportiva (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

En el caso del pez vela en el Pacífico centroamericano, todavía ocurren altas tasas de captura deportiva (Ponce, 2015; Brown, 2019) a pesar de impacto significativo que la pesca con palangre japonesa inicial entre 1964 y 1980 tuvo en la relativa abundancia del stock costero de pez vela en las áreas 7-2 y 8 de la CIAT siendo un recurso que ha mostrado un probable vínculo estacional entre la costa centroamericana y la alta mar (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

Sin embargo, los escenarios presentados demuestran diferentes condiciones bajo las cuales se somete al pez vela a diferentes mortalidades por pesca individual y combinada, observándose entonces que por sí misma la pesca deportiva no es una amenaza para la especie, pero que, si la especie ya es sometida a una tasa de mortalidad por palangre de 10 y 39%, el colapso de la población en un período de 20 a 100 años sería una realidad.

Los escenarios demuestran que la población de peces vela, podrían estar soportando las cuotas de captura, y a la vez presentar cierta resistencia a la mortalidad por diferentes actividades pesqueras, aunque se sabe que el pez vela puede sobrevivir al trauma de la interacción con los artes de palangre pelágico, por lo que las medidas de gestión que se pudieran promover en la liberación de individuos vivos de esta pesquería pueden reducir significativamente la mortalidad del pez vela sin reducir las capturas de las especies objetivo (Kerstetter & Graves, 2008).

Por consiguiente, las pesquerías de recreación y deportiva, que se desarrollan en el Pacífico de Guatemala, junto con la pesca costera y de alta mar debería ser motivo de preocupación ya que la tasa de captura de pesca deportiva puede disminuir, ya que es capturado incidentalmente a tasas significativas por palangreros y atuneros (Ehrhardt & Fitchett, 2006). Lo que conflictúa con el hecho de que la especie es la base del deporte de captura y liberación, una industria turística de gran importancia económica para el país, donde un pez vela se cotiza mejor vivo que muerto y la tasa de mortalidad es menor.

Esto es especialmente preocupante dado que la densidad de población del pez vela puede no equivaler directamente a una alta abundancia de población en áreas de hábitat restringido como en el mar territorial de Guatemala. Por lo tanto, a pesar de la alta captura actual de pesca deportiva y las tasas en

la región centroamericana, la abundancia general del recurso puede estar disminuyendo localmente (Ehrhardt & Fitchett, 2006; Brown, 2019).

De acuerdo a los escenarios generados, se podría considerar que el pez vela, siendo objetivo de pesca dirigida e incidental, es una especie presionada, y los escenarios ayudan mostrando que bajo ciertas condiciones de presión pesquera que la especie tiene en la región, hay un período de extinción inevitable de la misma, considerando en este caso a la pesca como una de las más significativas presiones sobre la especie.

Los resultados del Modelo Base, muestran una población ideal en la que existe un equilibrio dado por las numerosas generaciones aportadas por cada hembra y una mortalidad natural que se puede observar en los diferentes estratos de una población de esta especie, desde estadios larvarios (Simms et al., 2010), hasta tallas que pueden ser reclutadas por las pesquerías (Fitchett, 2015). En este modelo, la población se mantiene estable en el tiempo, estando su límite en la capacidad de carga establecida para el análisis.

En el Escenario 1, con mortalidad por pesca deportiva de 20%, no hay un riesgo de extinción para la especie, hay una permanencia de la especie en el tiempo, esta es una población que está limitada por los recursos, aunque puede presentar potencial para crecer. A pesar, de que el escenario no muestra un descenso en la población que comprometa su permanencia, es fundamental la gestión de mejores prácticas que permitan disminuir la tasa de mortalidad, posterior a la liberación.

En el Escenario 2, con mortalidad por palangre de 10%, se presenta una mediana probabilidad de extinción, se observan iteraciones que reflejan posibilidades de extinción, pero muestra que potencialmente, una pesquería como está podría mejorar sus condiciones de captura e implementar medidas para liberación de peces vela, así como utilizar dispositivos de pesca que sean menos efectivos para la especie como lo es el anzuelo gancho circular, el cual se caracteriza por dañar en menor medida el espécimen capturado (Asociación Nacional de Pesca Deportiva de Guatemala, 2020), considerándose además el establecer planes de manejo de la especie (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

Los escenarios 3, 4 y 5, con mortalidad por palangre de 39%, con tasas de mortalidad por palangre 10% + pesca deportiva 10%, y palangre 39% + pesca deportiva 10%, respectivamente, son los escenarios que presentan altas probabilidades de extinción por lo que son los escenarios más preocupantes para la población de pez vela.

A pesar de que la estimación se realiza con una población hipotética, con esta tasa de mortalidad es evidente que la especie no tendría posibilidades de permanencia en el tiempo.

Otros escenarios producto de la combinación de diferentes presiones sobre la especie, que provoquen altas tasas de mortalidad tendrán un resultado similar, si en el corto plazo no se interviene en la captura incidental de la pesca con palangre, a través de medidas que conlleven a disminuir la captura, entre ellas una mejor selección de anzuelos, que provoquen menor daño a los especímenes, disminución de las faenas de pesca, tecnificación para liberar especímenes enganchados, entre otras acciones que ayuden a mitigar la mortalidad.

Sin embargo, las pesquerías de palangre y pesca deportiva independientemente con bajas tasas de mortalidad, no representan un riesgo de extinción para la especie, al combinarse estas en un escenario sobre la dinámica del pez vela, si crean un impacto en la probabilidad de extinción.

Aunque los escenarios presentados sean, trayectorias hipotéticas sobre la viabilidad de la sobrevivencia de la especie, es una herramienta que permite simular condiciones sobre las especies, con el afán de predecir su sobrevivencia, como una base para tomar mejores decisiones para el manejo y conservación del pez vela en Guatemala.

Empero, a nivel regional el estado de la especie preocupa, ya que de acuerdo a Ehrhardt & Fitchett, (2006) hay una disminución de la abundancia relativa CPUE a nivel regional la cual está un 80% por debajo de sus niveles iniciales en 1964 y por otro lado se ha observado la disminución en al menos un 35 % de los tamaños de los peces vela capturados. Lo que nos indica que en 60 años la población de pez vela podría presentar una disminución importante de abundancia relativa. Este comportamiento de la especie podría estarse evidenciando en la población presente en el Pacífico de Guatemala, bajo las condiciones simuladas.

No obstante, el pez vela, también presenta mecanismos fisiológicos para equilibrar en el tiempo y contrarrestar el impacto de las pesquerías. Y es el hecho de que es una especie que produce un importante número de larvas, y su mortalidad natural es baja, puesto que al llegar a la edad adulta deja de ser presa y se convierte en depredador, de grandes capacidades de nado y migración. Se puede encontrar entre los 30°S y 50°N en el océano Pacífico, donde las densidades más altas se encuentran en la corriente cálida de Kuroshio y sus corrientes subsidiarias esta especie tiende a encontrarse cerca de la costa y cerca de islas (Chiang et al., 2004).

La abundancia de pez vela está significativamente correlacionadas con concentraciones estacionales de especies de presas. Debido a la contracción de los hábitats pelágicos durante los meses de invierno en el norte, el pez vela se presenta en las densidades más altas en Centroamérica, brindando una oportunidad única para las actividades de pesca deportiva de Guatemala y Costa Rica, dado que las densidades más altas están asociadas con una mayor capturabilidad y altas tasas de captura (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

La alta capturabilidad y las altas tasas de captura de la base de recursos del pez vela han llevado a generar conflictos entre pesquerías que operan en el Pacífico de Guatemala. Sin embargo, estas actividades son en confrontación directa con grandes operaciones de pesca de túnidos y dorado en el EPO donde se pesca incidentalmente pez vela. Sin duda, resalta la necesidad de la ordenación pesquera y sostenible del pez vela con objetivos definidos e información científica confiable sobre las probables consecuencias de las acciones de manejo (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

La falta general de información adecuada sobre la población dinámica de regulación del pez vela en esta región y la falta de evaluación del estado de explotación de la especie, en captura incidental en las principales pesquerías atuneras regionales hábitat, no permite generar las bases para tomar mejores decisiones en cuanto al aprovechamiento del pez vela en Centroamérica (Ehrhardt & Fitchett, 2006).

Por consiguiente, el desarrollo del modelo base de viabilidad poblacional (PVA, por sus siglas en inglés) del pez vela en el Pacífico de Guatemala, es un punto de partida sobre la especie, presentado a través de varios escenarios con diferentes condiciones de captura y sobrevivencia natural. A partir de los escenarios se podrá evidenciar el impacto en la captura de la especie y se podrá tener una base

sobre la cuál evaluar diferentes escenarios y predecir el futuro de la especie, lo cual permita anteceder con mejores prácticas de manejo e incluso a eliminar ciertas prácticas pesqueras.

12. Conclusiones

Los resultados de este estudio indican claramente que el pez vela es una especie que presenta una alta vulnerabilidad de extinción, debido a las actividades de pesca de palangre y pesca deportiva en el mar territorial de Guatemala, los escenarios de su trayectoria de extinción reflejan que la presión de las tasas de extracción por los diferentes tipos de pesca efectúa un declive en la población.

Las implicaciones ecosistémico en las zonas explotadas está directamente relacionada con la dinámica pesquera y por consiguiente con la población del pez vela, por lo que resalta la necesidad de un enfoque más integral para administrar el recurso.

Es necesaria la recopilación de datos históricos de captura de pez vela, y que se identifiquen datos existentes de las pesquerías actuales, incluyendo las operaciones de palangreros pequeños y la pesca recreacional y artesanal, para uso en las evaluaciones posteriores.

La desaparición de especies de fauna y flora silvestre involucra un profundo impacto en los procesos ecológicos en los que están involucrados y, por consiguiente, afecta el vínculo con los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano, por lo que la extinción del pez vela podría ir más allá que solo quedarse sin la especie en el ecosistema marino del Pacífico de Guatemala.

La UICN hace énfasis en la necesidad de establecer un proceso continuo que responda a las dinámicas del lugar a observar y que apoye la evaluación de la gestión de las especies y su conservación. El PVA para el pez vela en el área de estudio, es un insumo para esta tarea tan necesaria para la gestión de la especie.

Se identificó el interés de los investigadores en desarrollar e implicarse en la investigación sobre el pez vela en Guatemala, por lo que surge la necesidad de fortalecimiento del financiamiento y

equipamiento de los grupos de investigadores e instituciones que podrían desarrollar y darles seguimiento a los temas priorizados de investigación.

Se recomienda fortalecer y crear alianzas para aplicar los procedimientos para implementar el monitoreo de la especie, priorizando la generación de los datos que permitan establecer los valores dinámicos de las variables a incorporar en el escenario base a través del PVA, que permitan establecer parámetros para la evaluación de la extinción y supervivencia del pez vela en Guatemala.

13. Referencias

- Akçakaya, H., & Sjögren-Gulve, P. (2000). Population viability analysis in conservation planning: an overview. *Ecological Bulletins*, 9-21. Obtenido de file:///C:/Users/celia/Downloads/Population_Viability_Analyses_in_Conservation_Plan.pdf
- Asociación Nacional de Pesca Deportiva de Guatemala. (marzo de 2020). CDAG. Recuperado el 2020, de <https://cdag.com.gt/deportes/asociaciones/asociacion-nacional-de-pesca-deportiva-de-guatemala/>
- Brown, J. E. (2019). Evaluation of Recreational Fishing Demand for Billfish Resources in Guatemala. Coral Gables, Florida: University of Miami. Obtenido de <https://www.proquest.com/openview/54eb27e582f84dddb69fa2562d2e9679/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Burkhart, S., & Sloaten, E. (2010). Population viability analysis for Hector's dolphin (*Cephalorhynchus hectori*): A stochastic population model for local populations. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 37(3), 553-566. doi: <https://doi.org/10.1080/00288330.2003.9517189>
- Cerdenares-Ladrón, G., Morales-Bojórque, E., Ramos-Carrillo, S., & González-Medina, G. (2012). Variation in relative abundance and mean size of the sailfish *Istiophorus platypterus* caught by the artisanal fleet in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Ciencias. Ciencias Marinas*, 38(3), 551-562. doi:10.7773/cm.v38i3.2066
- Chiang, W., Sun, C., Yeh, Su. (2004). Age and growth of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in waters off eastern Taiwan. *Fish. Bull.* 102(2): 251–263.
- Chupina, A. (2015). Susceptibilidad a la Licuefacción en la Planicie Costera del Pacífico de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. USAC.

- Clark, T., Backhouse, G., & Lacy, R. (2014). Report of a workshop on population viability assessment as a tool for threatened species management and conservation. *Australian Zoologist*, 27, 28-35. doi:<https://doi.org/10.7882/AZ.1991.004>
- Collette, B., Acero, A., Amorim, A., Boustany, A., Canales Ramirez, C., Cardenas, G., . . . Yanez, E. (2011). *Istiophorus platypterus*. Recuperado el 2 de June de 2021, de The UICN Red List of Threatened Species.
- Dirección de Normatividad de la pesca y acuicultura (DIPESCA). (2002). Ley General de Pesca y Acuicultura de Guatemala Decreto 86-2002. Guatemala: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Alimentación MAGA. Obtenido de https://asisehace.gt/media/ley_general_de_pesca_y_acuicultura.pdf
- Domeier M., Dewar, H., Nasby-Lucas, N. (2003). Mortality rate of striped marlin (*Tetrapturus audax*) caught with recreational tackle. *Marine and Freshwater Research* 54, 435-445. <https://doi.org/10.1071/MF01270>
- Ehrhardt, N., & Fitchett, M. (2006). On The Seasonal Dynamic Characteristics Of The Sailfish, *Istiophorus platypterus*, In The Eastern Pacific Off Central America. *Bulletin off Marine Science*, 79(3), 589-606. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/233489749 On the seasonal dynamic characteristics of the sailfish Istiophorus platypterus in the Eastern Pacific Off Central America](https://www.researchgate.net/publication/233489749_On_the_seasonal_dynamic_characteristics_of_the_sailfish_Istiophorus_platypterus_in_the_Eastern_Pacific_Off_Central_America)
- Fiedler, P. & Lavín, M. (2017). Oceanographic Conditions of the Eastern Tropical Pacific. *ResearchGate*, 8 (October), 291–314. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4>
- Fitchett, M. (2015). Growth, Mortality, and Availability of Eastern Pacific Sailfish. (Number: 3719953) [Doctoral Thesis]. Faculty of the University of Miami.
- Ganga, U., Pillai, N., & Elayathu, M. (2008). Billfish fishery along the Indian coast with special reference to the Indo-Pacific sailfish *Istiophorus platypterus* (Shaw and Nodder 1792). *Journal of the Marine Biological Association of India*, 166-171. Obtenido de <http://demo.initechnologies.com/mbai/uploads/manuscripts/U.%20Ganga.pdf>
- Hinton, M.G. & M.N. Maunder. 2011. Status and trends of striped marlin in the northeast Pacific Ocean in 2009. Stock Assessment Report. Inter-American Tropical Tuna Commission. 11: 163-218.
- Howard, J., & Ueyanagi, S. (1965). Distribution and Relative Abundance of Billfishes (Istiophoridae) of the Pacific Ocean. *Studies in Tropical Oceanography*, 2, 147. Obtenido de https://scholarship.miami.edu/discovery/delivery?vid=01UOML_INST:ResearchRepository&repId=12355276820002976#13355499320002976
- IATTC. 2019. Report on the tuna fishery, stocks, and ecosystem in the Eastern Pacific Ocean in 2018.
- IUCN. (jun de 2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org>

- Jaric, I., Ebenhard, T., & Lenhardt, M. (2012). Population viability analysis of the Danube sturgeon. *Fish Biol Fisheries*, 20, 219-237. doi:<https://doi.org/10.1007/s11160-009-9151-0>
- Jolley, Jr. (1977). The biology and fishery of Atlantic sailfish, *Istiophorus platypterus*, from southeast Florida. *Florida Marine Research Publications* 28:131
- Kerstetter & Graves (2008). Postrelease Survival of Sailfish Caught by Commercial Pelagic Longline Gear in the Southern Gulf of Mexico. *North American Journal of Fisheries Management* 28:1578–1586, 2008
- Kim, B., Lee, B., Lee, H., & Jang, G. (2016). Considering threats to population viability of the endangered Korean long-tailed goral (*Naemorhedus caudatus*) using VORTEX. *Animal Cells and Systems*, 2151-2485. doi:<https://doi.org/10.1080/19768354.2015.1127856>
- Lacy, R. (2000). Structure of the VORTEX simulation model for population viability analysis. *Ecological Bulletins*, 48, 191-203. doi:10.2307/20113257
- Lacy, R., & Pollak, J. (2021). Vortex - SCTI. Recuperado el 11 de jun de 2021, de <https://scti.tools/vortex/#:~:text=Vortex%20is%20an%20individual%2Dbased,threaten%20persistenc,e%20of%20small%20populations>.
- Lacy, R., Miller, P., & Traylor-Holzer, K. (2021). Vortex 10 User's Manual. 30 March 2021 update. Apple Valley, IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group.
- Ladd, J. & Schrode, S. (s.a.). Seismic stratigraphy of the continental shelf offshore Guatemala: implications for vertical tectonics related to subduction. Geological Observatory of Columbia University, Preston Tower, Dallas, Texas.
- Martin, S. L., Ballance, L. T., & Groves, T. (2016). An ecosystem services perspective for the oceanic eastern tropical pacific: Commercial fisheries, carbon storage, recreational fishing, and biodiversity. *Frontiers in Marine MARN*
- Mora, C., & Robertson, D. R. (2005). Factors shaping the range-size frequency distribution of the endemic fish fauna of the Tropical Eastern Pacific. *Journal of Biogeography*, 32(2), 277–286. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01155.x>
- Morrison, C., Wardle, C., & Castley, G. (2016). Repeatability and Reproducibility of Population Viability Analysis (PVA) and the Implications for Threatened Species Management. *Frontiers in Ecology and Evolution*. doi:<https://doi.org/10.3389/fevo.2016.00098>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2022, 14 de octubre). Ocean currents. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-currents>
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (1982). Convención sobre el derecho del Mar: Anexo I: Lista de especies altamente migratorias. Obtenido de https://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar_es.pdf

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación [FAO]. (2018). Diagnóstico del sector de la pesca y la acuicultura en Guatemala. Guatemala: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca2321es/CA2321ES.pdf>
- Periódico La Hora (2022) Cinco capturados por pescar peces Vela, especie en peligro de extinción. <https://lahora.gt/nacionales/andrea-solorzano/2022/11/26/cinco-capturados-por-pescar-peces-vela-especie-en-peligro-de-extincion/>
- Ponce, A. (2015). Relación entre la abundancia relativa del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw, 1792) y la temperatura superficial del agua en el Pacífico de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24_0209.pdf
- Prince, E., Snodgrass, D., Scott Orbesen, E., & Holts, D. (2006). Transboundary movement of sailfish, *Istiophorus platypterus*, off the Pacific coast of Central America. *Bulletin of Marine Science*, 3(73), 827-838. doi:<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T170338A6754507.en>
- Simms, Jeffrey & Rooker, Jay & Holt, Scott & Holt, Gloria & McKenzie, Jessica. (2010). Distribution, growth, and mortality of sailfish (*Istiophorus platypterus*) larvae in the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*. 108.
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M., Halpern, B. S., Jorge, M. A., Lombana, A., Lourie, S. A., Martin, K. D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C. A., & Robertson, J. (2007). Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7), 573–583. <https://doi.org/10.1641/B570707>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (s.n.). Planificación de la Conservación de las Especies. Conservation Planning Specialist Group. Obtenido de <http://www.cpsg.org/sites/cbsg.org/files/documents/Get%20to%20Know%20CPSG%20%28Espanol%29.pdf>
- United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) (1982). Convention Agreements https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf
- Wenger, S., Leasure, D., Dauwalter, D., Peacock, M., Dunham, J., Chelgren, N., & Neville, H. (2017). Viability analysis form multiple populations. *Biological Conservation*, 216(2017), 69-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.10.006>
- Wilkinson, T.A.C., Wiken, E., Creel, J.B., Hourigan, T.F., Agardy, T., Herrmann, Janishevski, L., Madden, C. & Morgan, L.E. (2009). Marine Ecoregions of North America. Commission for Environmental Cooperation. <https://books.google.hn/books?id=c81IrlCCvGEC>

14. Apéndices

Apéndice 1. Capturas de pantalla de reuniones y talleres realizados

Capturas de pantalla reuniones del Equipo de Investigación

Reunión de Equipo de investigación / 4 de febrero 2022



Reunión de equipo / 28 de marzo de 2022



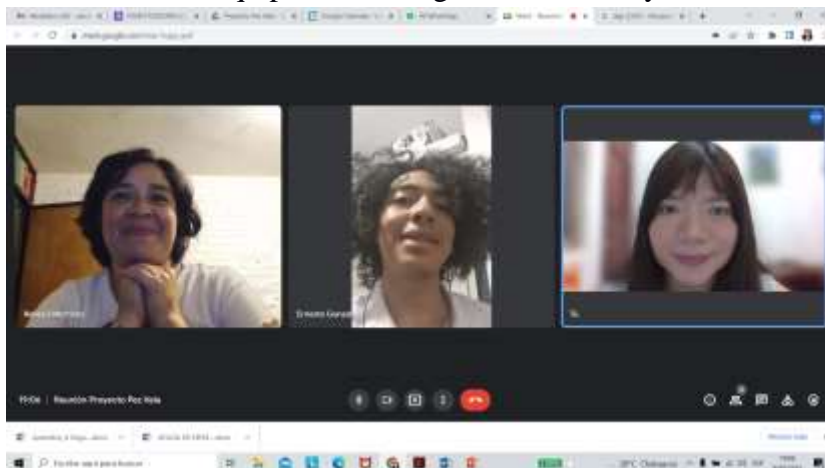
Reunión de Equipo de investigación / 5 de abril 2022



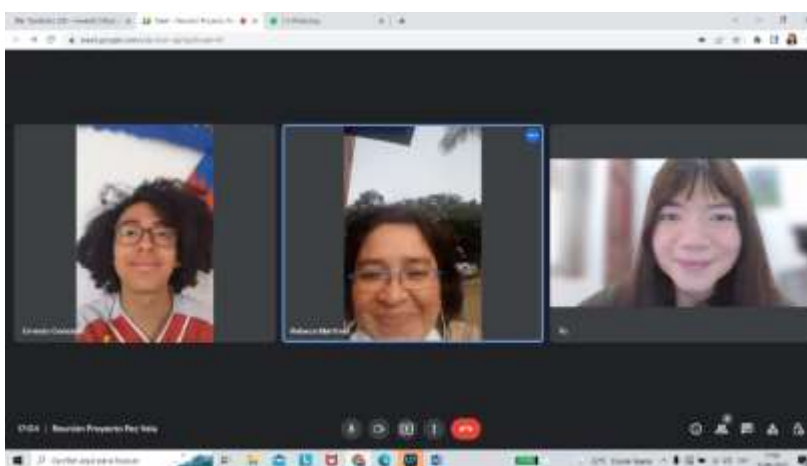
Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

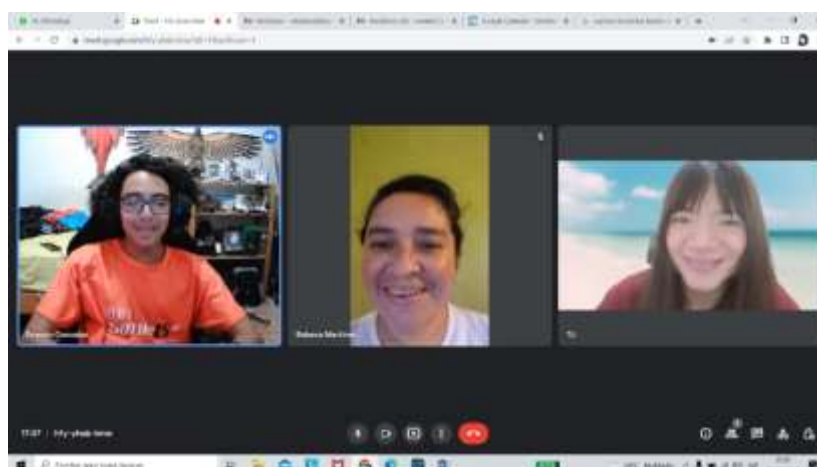
Reunión de Equipo de investigación / 9 de mayo de 2022



Reunión de Equipo de investigación / 15 de junio de 2022



Reunión de Equipo de investigación / 27 de julio de 2022



Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Captura de pantalla, reunión coordinador IHH e investigadores 20 de julio de 2022



Reunión de evaluación intermedia de los proyectos de investigación DIGI en Centros regionales / 11 de agosto de 2022



Reunión de Equipo de investigación / 18 de agosto de 2022



Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Reunión sobre aspectos administrativos de los proyectos DIGI, con personal del IIH y de la tesorería del CEMA / 14 de octubre de 2022



Capturas de pantalla de talleres con organizaciones vinculadas a la pesca deportiva e investigadores.

**Taller 1: Presentación de resultados preliminares del Proyecto
06 de mayo de 2022**



Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Taller 2: Presentación de resultados Proyecto 2 de noviembre de 2022



Taller 3: Presentación de resultados Proyecto 24 de noviembre de 2022

Modelo base 2: Escenario pesca 10%

Reproducción + Mortalidad natural + captura y liberación

Parámetros

Parámetro	Valor
No. de individuos	1000
Probabilidad de captura	0.2
Probabilidad de liberación	0.9

Captura y liberación

Escenario Pesca 1

Datos de salida: Escenario Base 2 Pesca 1

Parámetro	Valor
Proporción de individuos (suma de la mortalidad)	0.44
Alcance de individuos	110
Suma de densidad (promedio)	98

Para obtener más información consulte el documento de la Dirección General de Investigación en Gestión y Evaluación: [1.0 a 2.0.1 \(Sergio et al. 2022\)](#)

Id	Nombre	Valor	Unidad	Descripción
1	Probabilidad de captura	0.2		Probabilidad de captura de un individuo
2	Probabilidad de liberación	0.9		Probabilidad de liberación de un individuo
3	Probabilidad de mortalidad natural	0.1		Probabilidad de mortalidad natural de un individuo
4	Probabilidad de mortalidad por pesca	0.1		Probabilidad de mortalidad por pesca de un individuo
5	Probabilidad de mortalidad por enfermedad	0.1		Probabilidad de mortalidad por enfermedad de un individuo
6	Probabilidad de mortalidad por depredación	0.1		Probabilidad de mortalidad por depredación de un individuo
7	Probabilidad de mortalidad por contaminación	0.1		Probabilidad de mortalidad por contaminación de un individuo
8	Probabilidad de mortalidad por estrés	0.1		Probabilidad de mortalidad por estrés de un individuo
9	Probabilidad de mortalidad por otros factores	0.1		Probabilidad de mortalidad por otros factores de un individuo

Empresas de Pesca Turística y Deportiva –EPESURDE-

Taller 4: Presentación de resultados Proyecto 7 de febrero de 2023



Apéndice 2. Encuestas

Encuesta para la identificación de amenazas para el pez vela e intereses de investigación

Enlace

https://docs.google.com/forms/d/10w8I4FED5BIGp8Y6UVREObJaChNIJi0sUy1Pf0_ExjQ/edit



Sección 1 de 5

Cuestionario sobre el estudio y conservación del Pez Vela en el Pacífico de Guatemala y en el Océano Pacífico Tropical (Investigadores)

El presente cuestionario tiene como finalidad orientar el estudio y monitoreo de las poblaciones de peces vela en el Pacífico de Guatemala, especialmente porque usted ha sido identificado como un actor clave en el conocimiento de la especie. A continuación encontrará 5 secciones de preguntas sobre aspectos relacionados con el interés y necesidades para el estudio y monitoreo del pez vela en Guatemala. Agradecemos brindarnos la información, así como su tiempo e interés.

Correo *

Correo válido

Este formulario registra los correos. [Cambiar configuración](#)

Encuesta para identificar prioridades de investigación

Enlace: <https://docs.google.com/forms/d/1TrIk2mc-KtaoRahUdz6XcKf9lcvHeVHvEeE5PPgjnrg/edit>



Encuesta: Prioridades de investigación sobre el pez vela en Guatemala

Esta invitación a participar en esta encuesta para evaluar los temas prioritarios en la investigación del pez vela, que contribuyen a su conservación en Guatemala. Esta encuesta es parte del proyecto 'Línea base para el monitoreo participativo del pez vela (*Istiophorus platypterus* (Steen y Meek, 1792) en el Pacífico de Guatemala'. Este proyecto explora la viabilidad poblacional del pez vela en el territorio nacional marino del Pacífico y contribuye a identificar las necesidades de investigación sobre la especie, como base para proponer un programa de monitoreo donde participen los diferentes actores relacionados con la especie y su hábitat. El objetivo de esta encuesta es conocer las opiniones de diferentes actores relacionados con los recursos marinos para identificar las diferentes y prioritarias temas que se necesitan desarrollar para el conocimiento sobre la especie que apoye a su conservación. Así como explorar el interés en participar y apoyar este estudio.

Instrucciones: A continuación encontrará temas que se sugieren para abordar la investigación sobre el pez vela (*Istiophorus platypterus*) en Guatemala. Con la información obtenida se estimará el valor medio de la priorización de cada tema. Esto calculado en un rango de 0-5, en el que 0 se considera de baja prioridad y 5 de prioridad alta.

Correo *

Correo válido

Este formulario registra los correos. [Cambiar configuración](#)

15. Aspectos éticos y legales

Se realizaron los procedimientos correspondientes para la obtención de la licencia de investigación ante el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, ente rector de la biodiversidad en el país. Número de licencia de investigación: DRSO 004/2022.



16. Vinculación

Desde el año 2019 inició la creación del Fondo socio-ambiental para la conservación del pez vela y desarrollo sostenible de la pesca artesanal (FOPESCA) basado en la alianza entre el CEMA (Centro de Estudios del Mar y Acuicultura) y la EPESTURDE (Asociación de Empresas de Pesca Turística y Deportiva). Dentro de su programa de investigación esta alianza contempla el apoyo a toda la investigación referente al pez vela y a la generación de información científica que ayude a apoyar la toma de decisiones en cuanto al manejo sostenible del recurso pesquero.

Un estudio de este tipo representaría una base fundamental para desarrollar la investigación a largo plazo que necesita esta especie urgentemente, considerando su importancia ecológica como económica en Guatemala y en la región.

Por lo anterior, la alianza CEMA- EPESTURDE será la plataforma a través de la cual se podrá articular a futuro la implementación del monitoreo participativo a través lo cual estará basado en el Modelo base de viabilidad poblacional para el pez vela producido.

A futuro se espera que el modelo base, sirva para crear un programa de monitoreo participativo, generando los datos con base en el modelo base PVA para el pez vela, con lo cual se podrá contar con la base para ese levantamiento a largo plazo de la información sobre su historia natural, que permita conocer a la especie y su estado de conservación, como fundamento para el plan de manejo de la especie a nivel nacional.

17. Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual

Como estrategias de difusión se realizaron las siguientes:

- Artículo científico: Se elaboró la propuesta de un artículo científico en el formato de la revista indexada Revista Mexicana de Biodiversidad.
- Contenido digital con diseño gráfico: Se elaboraron 3 infografías con contenido digital diseñado especialmente para describir la importancia y las amenazas del pez vela en Guatemala, las cuáles fueron incluidas dentro de la ficha de vida.
- Ficha de vida del pez Vela (Google site)
- Presentaciones y talleres con los investigadores.

18. Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:

Poder contestar cuál sería la situación actual de las poblaciones del pez vela y cuáles serían las mayores amenazas que ponen en riesgo las poblaciones en aguas del Pacífico de Guatemala, a través de un modelo de viabilidad poblacional (PVA) es el primer paso firme hacia el plan de conservación de la especie. Este tipo de modelos se basan en la información disponible sobre la especie, en las amenazas a las que se enfrenta su conservación y recuperación, y los posibles enfoques para superar esas amenazas.


El enfoque del Grupo de Especialistas en Planificación de la Conservación (CPSG) utilizado en todo el mundo desde principios de la década de 1990 y validado por UICN es especialmente útil para las especies cuya conservación implica múltiples intereses confrontados, altos niveles de incertidumbre y complejidad (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), s.n.).

Las cuestiones complejas en la planificación de la conservación de especies amenazadas requieren soluciones creativas y el proceso de planificación de la conservación de especies se ha diseñado teniendo en cuenta esta creatividad. Un análisis de viabilidad de la población (PVA en inglés) siempre ayudará a los biólogos y gestores de la fauna silvestre a comprender mejor las amenazas que influyen en las poblaciones. El esfuerzo del PVA se puede utilizar como base para desarrollar los planes de manejo del pez vela para apoyar su conservación, por lo que esta investigación contribuye al siguiente objetivo de desarrollo sostenible:

ODS 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos.

Utilizando herramientas como Vortex, se llevó a cabo la modelación de la viabilidad poblacional del Pez Vela, siendo esto la base de la planificación de la conservación y la modelación de la idoneidad de la especie, este tipo de modelo ilustra la respuesta de la especie a diferentes escenarios de extracción, con lo cual también se podrían establecer medidas de manejo que dieran respuesta a la recuperación, mantenimiento y conservación de la especie en el Pacífico de Guatemala.

19. Orden de pago final (incluir únicamente al personal con contrato vigente)


Nombres y apellidos	Categoría (investigador /auxiliar)	Registro de personal	Procede pago de mes (Sí / No)	Firma
Celia Vanessa Dávila Pérez	Coordinador	20060261	Si	

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-



20. Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

Celia Vanessa Dávila Pérez	
Nombre del coordinador del proyecto de investigación	Firma
Fecha: 28/02/2023	

21. Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario


De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto Línea base para el monitoreo participativo del pez vela (*Istiophorus platypterus* Shaw y Nodder, 1792 en el Pacífico de Guatemala, en mi calidad de Director del instituto de Investigaciones Hidrobiológicas (IIH), del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.


Dr. Pedro Julio García Chacón Vo.Bo. Nombre y cargo de quien da el aval al informe	 
Firma	
Fecha: 28/02/2023	

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

22. Visado de la Dirección General de Investigación

<p>Vo.Bo. Inga. Liuba Cabrera de Villagrán Coordinadora del Programa Universitario de Investigación</p>	 Firma
<p>Fecha: 28/02/2023</p>	

<p>Vo.Bo. Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Coordinador General de Programas Universitarios de Investigación</p>	 <small>Ing. MARN Julio Rufino Salazar Pérez Coordinador General de Programas</small> Firma
<p>Fecha: 28/02/2023</p>	