

Instituto de Investigaciones Biológicas



Universidad Veracruzana

Región Xalapa

Programa de Maestría en Biología Integrativa

“Evaluación del estado de conservación de *Tursiops truncatus* en la costa central de Veracruz, México”

Tesis para obtener el grado de Maestra en
Biología Integrativa

Presenta:

Victoria Adelina Valle Hernández

Director:

Dr. Christian Alejandro Delfín Alfonso

Co-Director:

Dr. Eduardo Morteo Ortiz

Enero de 2023

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Universidad Veracruzana

Instituto de Investigaciones Biológicas
Región Xalapa

Programa de Maestría en Biología Integrativa

Evaluación del estado de conservación de Tursiops truncatus en la costa central de Veracruz, México

Tesis para obtener el grado de Maestra en
Biología Integrativa

Presenta:

Victoria Adelina Valle Hernández

Director:

Dr. Christian Alejandro Delfín Alfonso

Co-Director: Dr. Eduardo Morteo Ortiz

Asesores:

Dra. Nalleli E. Lara Díaz

Dr. Jesús Lizardo Cruz Romo

Agradecimientos

Al Instituto de Investigaciones Biológicas por aceptarme en el posgrado y permitirme ampliar mi conocimiento no sólo en las ciencias biológicas, donde aprendí que la crisis ecológica actual guarda una íntima conexión con nuestra salud y percepciones, sino también en aspectos que desconocía y resultan de gran relevancia para alcanzar el éxito en la conservación como son las ciencias sociales.

Agradezco a todos los académicos del IIB, INECOL y UNAM con quienes tuve la fortuna de coincidir, por todos sus saberes compartidos y que fueron de gran utilidad para realizar mi tesis, así como su aplicación en el actuar como profesionista; con especial mención al Dr. Abarca, cuya clase me revolucionó algunas neuronas que llevaban tiempo en letargo y por su interés en mi tema de tesis, aportando ideas que fueron de mucha utilidad, quedando pendiente el análisis de loop para su publicación.

A mis asesores, la Dra. Nalleli y el Dr. Lizardo, quienes me guiaron con suma paciencia a través de sus comentarios y correcciones; gracias por su valioso asesoramiento y consejos para seguir adelante en esta profesión.

Al CONACYT por el apoyo como becaria y permitirme realizar mis estudios de posgrado.

Al Dr. Christian y Dr. Eduardo un especial agradecimiento por su incalculable apoyo, asesoría, consejos, aportes y sobre todo paciencia para sacar adelante mi tesis; sin duda siempre les estaré agradecida por sus comentarios alentadores y la confianza para mi desempeño durante el posgrado.

A los miembros del jurado por tomarse el tiempo de leer y corregir este trabajo.

A mi familia humana y perruna, por inspirarme cada día a expresar la mejor versión de mí, aliviar mi estrés del posgrado y enseñarme a encontrar y disfrutar la felicidad en el hoy.

Índice

Agradecimientos	1
Índice de tablas	5
Índice de figuras	6
Resumen.....	3
I. Introducción	4
II. Descripción del problema	6
III. Justificación	8
IV. Antecedentes	9
IV.1. Tursiones costeros.....	9
IV.2. Actividades antrópicas en zonas costeras	10
IV.2.1. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)	11
IV.2.2. Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)	12
IV.3. Instrumentos legales que regulan la protección de los tursiones	13
IV.4. Instrumentos de gestión para la conservación de los tursiones.....	14
V. Hipótesis.....	14
VI. Objetivo general.....	15
VI.1. Objetivos particulares	15
VII. Materiales y métodos	15
VII.1. Área de estudio	15
VII.1.1. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)	16
VII.1.1.1. <i>Características generales</i>	16
VII.1.1.2. <i>Clima</i>	17
VII.1.2. Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)	18
VII.1.2.1. <i>Características generales</i>	18
VII.1.2.2. <i>Clima</i>	19
VII.2. Métodos	20
VII.2.1. Criterio A. Amplitud geográfica relativa de la distribución de <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz.....	21
VII.2.1.1. <i>Mapa de distribución</i>	21
VII.2.1.2. <i>Evaluación del tamaño relativo de la distribución</i>	22
VII.2.2. Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural de <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz	23

VII.2.2.1. Antecedentes (tipo de hábitat que ocupa <i>Tursiops truncatus</i>)	24
VII.2.2.2. Análisis diagnóstico del estado actual del hábitat	24
VII.2.2.3. Evaluación del estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales del ecotipo costero de <i>Tursiops truncatus</i>	27
VII.2.3. Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca de <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz	28
VII.2.3.1. Antecedentes (historia de vida del ecotipo costero de <i>Tursiops truncatus</i>)	28
VII.2.3.2. Análisis diagnóstico del estado actual de <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz	29
VII.2.3.3. Evaluación de qué factores lo hacen vulnerable	29
VII.2.4. Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz.....	33
VII.2.4.1. Factores de riesgo reales y potenciales con la importancia relativa de cada uno de ellos	34
VII.2.4.2. Análisis pronóstico de la tendencia actualizada de <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz.....	35
VII.2.4.3. Evaluación del impacto sobre <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz	36
VII.2.5. Obtención del valor final para <i>T. truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz.....	36
VIII. Resultados.....	37
VIII.1. Criterio A. Amplitud geográfica relativa de la distribución de <i>T. truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz	37
VIII.1.1. Mapa de distribución y cómo se hizo el mapa.....	37
VIII.1.1.1. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)	37
VIII.1.1.2. Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)	38
VIII.1.2. Evaluación del tamaño relativo de la distribución.....	39
VIII.1.2.1. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)	39
VIII.1.2.2. Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)	40
VIII.2. Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural de <i>T. truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz.....	41
VIII.2.1. Antecedentes (tipo de hábitat que ocupa <i>T. truncatus</i>).....	41
VIII.2.2. Análisis diagnóstico del estado actual del hábitat	43
VIII.2.3. Evaluación del estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales del ecotipo costero de <i>Tursiops truncatus</i>	44
VIII.3. Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca de <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz	45
VIII.3.1. Antecedentes (historia de vida del ecotipo costero de <i>T. truncatus</i>).....	45

VIII.3.2. Análisis diagnóstico del estado actual de <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz	48
VIII.3.3. Evaluación de qué factores lo hacen vulnerable	52
VIII.4. Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz	55
VIII.2.1. Factores de riesgo reales y potenciales con la importancia relativa de cada uno de ellos	55
VIII.2.2. Análisis pronóstico de la tendencia actualizada de <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz.....	56
VIII.2.3. Evaluación del impacto sobre <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz....	58
VIII.5. Obtención del valor final para <i>Tursiops truncatus</i> en la CCV.....	59
VIII.5.1 Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)	59
VIII.5.2 Subpoblación de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA).....	59
VIII.5.3 Puntuación final para <i>Tursiops truncatus</i> en la Costa Central de Veracruz.....	60
IX. Discusión	60
X. Conclusiones	65
Referencias.....	66
Anexos	75

Índice de tablas

Tabla 1. Variables ambientales marinas para el PNSAV.....	25
Tabla 2. Variables ambientales marinas para la ZCSLA.....	25
Tabla 3. Estadística descriptiva para el PNSAV	26
Tabla 4. Estadística descriptiva para la ZCSLA.....	26
Tabla 5. Tolerancias ambientales del ecotipo costero de <i>T. truncatus</i>	31
Tabla 6. Dependencia de desencadenantes ambientales para procesos esenciales del ecotipo costero de <i>T. truncatus</i>	32
Tabla 7. Dependencia de interacciones interespecíficas del ecotipo costero de <i>T. truncatus</i>	33
Tabla 8. Valores por criterio evaluación para la subpoblación de <i>T. truncatus</i> en el PNSAV	54
Tabla 9. Valores por criterio evaluación para la subpoblación de <i>T. truncatus</i> en la ZCSLA.....	55
Tabla 10. Matriz de evaluación de la importancia del impacto ambiental (I) de la densidad de embarcaciones para la subpoblación de <i>T. truncatus</i> en el PNSAV.....	55
Tabla 11. Matriz de evaluación de la importancia del impacto ambiental (I) de la densidad de embarcaciones para la subpoblación de <i>T. truncatus</i> en la ZCSLA	56

Índice de figuras

Figura 1. Localización del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) y su Área de Influencia conformada por la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA).	16
Figura 2. Localización del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV).	17
Figura 3. Localización de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)	19
Figura 4. Registros de <i>T. truncatus</i> en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) en la Costa Central de Veracruz (CCV).	38
Figura 5. Registros de <i>T. truncatus</i> en la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA) en la Costa Central de Veracruz (CCV).	39
Figura 6. Área potencial de distribución (densidad Kernel) de la subpoblación de <i>T. truncatus</i> en el PNSAV en la Costa Central de Veracruz (CCV)	40
Figura 7. Área potencial de distribución (densidad Kernel) de la subpoblación de <i>T. truncatus</i> en la ZCSLA en la Costa Central de Veracruz (CCV).....	41
Figura 8. Densidad de embarcaciones (hr km ⁻²) por año en el periodo 2016 al 2022, con respecto de las áreas de idoneidad de hábitat para los tursiones de la subpoblación del PNSAV.	57

Resumen

El delfín *Tursiops truncatus* es una de las especies de cetáceos más comunes a nivel global. Sin embargo, en México se encuentra categorizada según la NOM-059 del 2010 como Sujeta a protección especial (Pr). En la Costa Central de Veracruz se han definido dos sitios con presencia frecuente de tursiones, así como un aumento en la actividad marítima, incrementando su vulnerabilidad. El objetivo de este estudio fue hacer una evaluación del estado de conservación de *Tursiops truncatus* en la costa central del estado utilizando el Método de Evaluación de Riesgo para especies silvestres en México (MER) contenido en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El MER se compone de cuatro criterios independientes entre sí (Criterio A= Amplitud de la distribución, Criterio B= Estado del hábitat con respecto a su desarrollo natural, Criterio C= Vulnerabilidad biológica intrínseca de la especie, Criterio D= Impacto de la actividad humana), los cuales son valorados numéricamente y generan una suma aritmética de puntajes, que está en relación directa con el grado acumulativo de riesgo de extinción. La valoración conjunta de los criterios deriva en la categorización del probable riesgo que pueda enfrentar la especie a nivel poblacional y se ordenan en tres categorías previstas en la norma: Peligro de extinción (P), Amenazada (A), o Sujeta a protección especial (Pr). El resultado obtenido arrojó un valor más bajo de lo esperado en la hipótesis propuesta, ya que no llegó a calificar en las categorías de mayor riesgo contenidas en la NOM-059. Sin embargo, se pudieron identificar varios vacíos de datos como son la relación entre su vulnerabilidad y parámetros ambientales, estrategia reproductiva y en general datos recientes sobre el registro de tursiones en ambas subpoblaciones, así como registro de parámetros del impacto humano, como el tráfico de embarcaciones. Los resultados y sobre todo la metodología propuesta para cada criterio sirven de antecedentes para la evaluación del riesgo de extinción a través del MER para el ecotipo costero de tursiones, pudiendo ser perfeccionados en función de la mejor información disponible.

Palabras clave: Protección especial, MER, NOM-059, vulnerabilidad, Veracruz.

I. Introducción

Los mamíferos marinos desempeñan importantes funciones ecológicas en los ecosistemas acuáticos y suelen considerarse especies emblemáticas así como indicadores de la salud de los ecosistemas marinos (Bossart, 2011; Parsons *et al.* 2015, Nelms *et al.*, 2021); sin embargo, su estado de conservación es motivo de preocupación alrededor del mundo.

En especies de pequeños cetáceos costeros, existe evidencia sobre la disminución de sus poblaciones, particularmente de aquellas especies que presentan distribución discreta (*e.g.*, Slooten, 2007; Huang *et al.*, 2014; Taylor *et al.*, 2016; Minton *et al.*, 2017; Félix y Burneo, 2020). Asimismo, se ha documentado su erradicación en fragmentos de sus áreas de distribución (*e.g.*, dugongo *Dugong dugon*, delfín del Ganjes *Platanista gangetica*), e incluso su extinción (*e.g.*, vaca marina de Steller *Hydrodamalis gigas*, foca monje del Caribe *Monachus tropicalis*, delfín del río Yangtze o baiji *Lipotes vexillifer*; Davidson *et al.*, 2012).

Al menos 25% de las especies de mamíferos marinos se encuentran clasificadas como amenazadas (En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable) por La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés; Nelms *et al.*, 2021). La mortalidad en las artes de pesca y las colisiones con embarcaciones han sido identificadas como las principales causas de la disminución de las poblaciones de mamíferos marinos (Van Waerebeek *et al.*, 2007; Reeves *et al.*, 2013). Además, causas como la contaminación y degradación ambiental predisponen a los organismos a contraer enfermedades que disminuyen la calidad de vida, perjudicando principalmente la reproducción, así como trastornos metabólicos (Wells *et al.*, 2005; Murphy *et al.*, 2015). Por lo que recientemente en las evaluaciones del estado de conservación de los cetáceos, se ha dirigido mayor atención a las amenazas y sus impactos potenciales a nivel de población, proporcionando un enfoque preventivo e integral (da Silva *et al.* 2018, Braulik y Smith 2019).

Las poblaciones altamente estructuradas de cetáceos costeros que viven en unidades pequeñas requieren evaluaciones a una escala más fina en contraste con las poblaciones oceánicas, las cuales presentan una menor estructura, debido a que los hábitats costeros tienen un gran potencial para la heterogeneidad ambiental, aumentando la probabilidad de

subdivisión de las poblaciones (Sellas *et al.*, 2005; Richardson *et al.*, 2013). Tal es el caso del ecotipo costero del delfín nariz de botella (Félix y Burneo, 2020), también conocidos como toninas o tursiones (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821).

Existen dos ecotipos descritos para *T. truncatus*: el oceánico y el costero. El ecotipo oceánico se encuentra principalmente en la zona pelágica del océano, mientras que el ecotipo costero se distribuye en la zona nerítica y aguas estuarinas interiores, presentando diferencias en su morfología, alimentación, distribución, pigmentación y tipo de asociación grupal (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016; Félix *et al.*, 2019).

La evaluación del estado de conservación de los tursiones costeros está restringida por deficiencias en la información sobre el área de ocupación, el tamaño, así como la tendencia poblacional (Peel *et al.*, 2015). Adicionalmente, se necesita un gran esfuerzo y tiempo para detectar tendencias poblacionales de tursiones costeros, lo que implica cierta dificultad para implementar acciones para su manejo y conservación (Brooks *et al.*, 2017).

En el caso particular de la costa central del estado de Veracruz, se han identificado dos subpoblaciones abiertas de tursiones, al norte, la subpoblación del complejo arrecifal del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV; Hernández-Candelario, 2009; Morteo *et al.*, 2015), y en la parte sur, la subpoblación de la Zona Costera de la desembocadura del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA; Del Castillo, 2010; Morteo *et al.*, 2017; Bolaños *et al.*, 2021).

Ambas subpoblaciones han sido estudiadas de forma intermitente desde principios de la década de 1990 (García, 1995; Del Castillo, 2010). Existen estudios sobre sus parámetros poblacionales como la abundancia, la tasa de mortalidad, estructura de tallas, así como residencia y comportamiento (Del Castillo, 2010; Morteo *et al.*, 2015; Morteo *et al.*, 2017; Morales-Rincón *et al.*, 2019; Morteo *et al.*, 2019; Bolaños *et al.*, 2021), los cuales constituyen conocimiento clave para estimar la viabilidad de una población.

Así mismo se han generado estudios sobre su interacción con la actividad pesquera y embarcaciones de tipo turístico y mercante (Morteo *et al.*, 2012a; Rechimont *et al.*, 2018; Morales-Rincón *et al.*, 2019), revelando un antagonismo con los pescadores locales. Por ejemplo, se ha reportado depredación en las artes de pesca (Rechimont *et al.*, 2018), capturas accidentales, mortalidad intencional (Morteo *et al.*, 2012a), persecución y acoso por embarcaciones pesqueras, pudiendo ocasionar laceración o mutilación por las hélices de

las embarcaciones (Morales-Rincón, 2016). Dichas interacciones ponen en un franco riesgo a las subpoblaciones de la Costa Central de Veracruz, sobre todo en la ZCSLA, la cual representa un hábitat más adecuado y preferido por la especie (Morteo *et al.*, 2012a) y alberga a la comunidad núcleo (*sensu* Wells *et al.*, 1987) de individuos residentes (Morteo *et al.* 2014; Bolaños *et al.*, 2021).

Debido a los diferentes grados de riesgo que enfrentan las subpoblaciones de *Tursiops truncatus* en la CCV, es necesario realizar un diagnóstico sobre su estado de conservación teniendo como objetivo apoyar la generación y establecimiento de medidas de conservación y protección adecuadas para la especie (Lara, 2017).

Para lograr lo anterior, es esencial contar con la información sobre los parámetros poblacionales y amenazas potenciales para esta especie (Morteo *et al.*, 2017; Félix y Burneo, 2020), siguiendo la metodología establecida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F., 2019). Dicha metodología evalúa el riesgo en que se encuentran las especies silvestres en México, al englobar factores ampliamente reconocidos por incrementar la vulnerabilidad a la extinción, destacando el uso de datos poblacionales, biogeografía, amenazas y características biológicas de las especies (Sánchez *et al.*, 2007; D.O.F., 2019; Tambutti *et al.*, 2001).

II. Descripción del problema

Los diferentes estudios de tursiones realizados en la costa central del Golfo de México, han permitido definir dos sitios con presencia frecuente de la especie: 1) el complejo arrecifal del PNSAV (Hernández-Candelario, 2009; Morteo *et al.*, 2015) y, 2) su área de influencia que incluye la ZCSLA (Bolaños *et al.*, 2021). Ambos se encuentran separados por aproximadamente 100 km sobre la línea de costa.

El complejo arrecifal del PNSAV (D.O.F. 2012) es el mayor sistema arrecifal y uno de los más importantes del Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México (Ortíz-Lozano *et al.*, 2013; Granados *et al.*, 2015) debido a su biodiversidad y los servicios ambientales que presta (Ortíz-Lozano *et al.*, 2015). El PNSAV es una de las pocas áreas marinas protegidas del mundo que albergan un puerto comercial de la magnitud del puerto de Veracruz (Ortíz-Lozano *et al.*, 2015), presentando una variedad de actividades marítimas

(i.e. comerciales, industriales, recreativas y operativas; Hernández-Candelario *et al.*, 2015), así como pesquería artesanal que se concentra en el subsistema Antón Lizardo (Morteo *et al.*, 2015). Lo anterior, representa potencialmente un problema para los tursiones, pudiendo influir en el uso de hábitat, modificando su distribución, comportamiento y estructura social (Morteo y Hernández-Candelario, 2007; Hernández-Candelario, 2009; Ruíz-Hernández, 2014; Guzmán, 2015; Morteo *et al.*, 2015).

Por su parte, la ZCSLA forma parte del Sitio Prioritario Marino Sistema Lagunar de Alvarado (CONABIO, 2007), uno de los sistemas lagunares-estuarinos más productivos del Golfo de México, con una gran importancia tanto ecológica como económica debido a la alta productividad pesquera, así como ser un área de crianza, alimentación y reproducción de numerosas poblaciones de peces y crustáceos (Cruz-Escalona *et al.*, 2007). En esta región existen 3,728 pescadores registrados, aumentando el número aquellos pescadores que no cuentan con permisos (Gaceta Legislativa, 2022). Por esta razón la pesquería artesanal representa una actividad importante en la zona; como consecuencia los pescadores han reportado una reducción en sus ingresos debido a las prácticas de pesca inadecuadas, la alta densidad de embarcaciones, el tráfico marítimo, la contaminación generada por otras actividades productivas y la disminución de las poblaciones de peces por la sobrepesca (Roncón-Contreras, 2018), además de los asentamientos humanos (Carrillo *et al.*, 2014), lo cual supone un riesgo potencialmente mayor para los tursiones en esta área (Rechimont, 2018).

En la ZCSLA se ha reportado una interacción activa entre tursiones y la pesquería artesanal (García, 1995; Morteo, 2011; Morteo *et al.*, 2012b), donde se tienen registradas tasas de encuentros entre tursiones residentes con las pesquerías hasta 2.8 veces más altas en comparación con los individuos transitorios (Morteo *et al.*, 2012a), lo que es al menos 4 veces más frecuente en comparación con otras ubicaciones costeras adyacentes (Hernández-Candelario *et al.*, 2015; Rechimont *et al.*, 2018; Morales-Rincón *et al.*, 2019).

Esta interacción en ocasiones ha revelado que la percepción de los pescadores hacia esta especie sea negativa, debido al daño que provocan a sus artes de pesca (Arias-Zapata, 2019). Como evidencia de este tipo de interacción, existen registros de represalias por parte de los pescadores de esta zona (Del Castillo, 2010; Morteo *et al.*, 2012a; Rechimont *et al.*,

2018; Morales-Rincón *et al.*, 2019), donde se reporta que el 42% de la población de animales residentes presentan heridas infligidas por la pesca (Morteo *et al.*, 2017).

Por lo anterior, y debido a la existencia de una comunidad núcleo de tursiones en la ZCSLA (Bolaños *et al.*, 2021), resulta necesario conocer el actual estado de conservación de la especie en los dos sitios identificados en la Costa Central de Veracruz, a través de una evaluación del estado de riesgo. Esto como primer paso para consecuentemente definir las mejores estrategias de gestión regulatorias de las actividades humanas que se desarrollan en la zona (Morteo *et al.*, 2017; Félix *et al.*, 2019; Nelms *et al.*, 2021), así como reforzar las ya existentes, como es el Programa de Manejo del PNSAV (D.O.F., 2017) y el Plan de Manejo Pesquero del Sistema Lagunar de Alvarado (INAPESCA, 2014). Al utilizar esta especie considerada como prioritaria (D.O.F., 2014) se busca dar un mayor alcance a los esfuerzos de conservación de estos hábitats (CONABIO, 2012) procurando la participación comunitaria y de la sociedad civil, a fin de asegurar la viabilidad de estas poblaciones a largo plazo.

III. Justificación

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 contiene el listado de especies silvestres en México que se encuentran bajo alguna categoría de riesgo. Esta norma incluyó al orden de los cetáceos en la versión publicada en el 2001 bajo la categoría de especies “Sujetas a protección especial (Pr)”, a fin de fortalecer las medidas de protección dictadas en los ordenamientos relativos a la pesca responsable en el país, así como por los múltiples tratados internacionales de protección que México había firmado en la materia (D.O.F., 2001) como es el Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de Delfines, firmado el 2 de mayo de 1998 con Estados Unidos de América (D.O.F., 1999). Actualmente, las especies de cetáceos listadas en la NOM-059, como *T. truncatus*, no cuentan con el sustento metodológico establecido en el Apartado 6 de la Norma, Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de Especies Silvestres de México (MER; D.O.F., 2019).

Si bien la especie *T. truncatus* se encuentra en la categoría “Sujeta a protección especial” en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F., 2019), los tursiones de la CCV se enfrentan a un incremento de conflictos en sus áreas núcleo de distribución (Morteo *et al.*,

2012a; García-Vital *et al.*, 2015). Presentan altas tasas (42%) de heridas infligidas por la actividad pesquera (Morteo *et al.*, 2017), así como una condición corporal pobre (delgados y emaciados) en el 47% de los individuos (para el caso de la ZCSLA) (Ronzón, 2018), aunado a la creciente perturbación de su área de distribución por agentes antrópicos como el tráfico marítimo, el cual representa un potencial inhibidor de la presencia de tursiones a lo largo del año (Hernández-Candelario *et al.*, 2015). Todos estos factores incrementan la vulnerabilidad de la especie a nivel local.

Bajo estas premisas, así como ser considerada una especie prioritaria (D.O.F., 2014) y encontrarse en un Área Natural Protegida (PNSAV) y su área de influencia (ZCSLA) (D.O.F., 2012), evaluar el estado de conservación de *T. truncatus* en la costa central del estado sirve como antecedente en la evaluación del estado de riesgo utilizando el MER a nivel poblacional, y de esta manera poder replicarlo en otras regiones del país para el ecotipo costero, permitiendo definir acciones para su protección (Félix *et al.*, 2019).

IV. Antecedentes

IV.1. Tursiones costeros

El tursión (*Tursiops truncatus*; Montagu, 1821) es una de las especies de cetáceos más comunes a nivel global, distribuyéndose en las tres principales cuencas oceánicas y el mar Mediterráneo (Wells *et al.*, 2019). Actualmente se reconocen dos ecotipos para esta especie: el ecotipo costero (“inshore” por su terminología en inglés) que habita a lo largo de la línea de costa y aguas estuarinas interiores, y el ecotipo oceánico (o pelágico; Félix *et al.*, 2019). Ambos ecotipos presentan diferencias tanto morfológicas como socioecológicas, relacionadas con la especialización de hábitat y limitaciones evolutivas (Félix *et al.*, 2018). Mientras que en el ecotipo oceánico los grupos de tursiones son mucho más grandes y variados en cuanto a tamaño, distribuyéndose en grandes extensiones del océano, los grupos del ecotipo costero se caracterizan por ser pequeños (*eg.* una docena de organismos o menos) y residentes o semi residentes con una estructura poblacional de escala fina (Félix *et al.*, 2018).

Los tursiones costeros viven en sociedades más complejas denominadas fusión-fisión, donde sus miembros forman asociaciones temporales que se desarrollan

generalmente dentro de un territorio bien definido (Wells *et al.*, 1987). Los movimientos de los individuos tienen un alto impacto en la estructura de estas comunidades tanto demográfica como socialmente, entendiendo al término “comunidad” para enfatizar las relaciones geográficas y sociales de los individuos, en donde los rangos de los miembros son ampliamente contenidos dentro de un área bien definida y la mayoría de sus actividades ocurren dentro del rango de la comunidad, pero el intercambio genético ocurre entre comunidades (Wells *et al.*, 1987). Por ejemplo, en algunas partes del mundo esta especie presenta movimientos restringidos y constituye comunidades cerradas (Bearzi *et al.*, 2008), mientras que, en otros, los tursiones suelen moverse ampliamente conformando comunidades abiertas (*e.g.*, Morteo *et al.*, 2004), aunque en algunos casos, los individuos pueden permanecer por periodos variables constituyendo núcleos de individuos residentes (Morteo *et al.*, 2015).

IV.2. Actividades antrópicas en zonas costeras

Las actividades antrópicas en las zonas costeras han ido en aumento en las últimas décadas, modificando las características del hábitat; en muchos casos estas alteraciones coinciden con las zonas de mayor uso para diversas especies marinas, incluyendo los tursiones, influyendo en su presencia y comportamiento (Rechimont *et al.*, 2018; Morales-Rincón *et al.*, 2019).

El efecto de la densidad de embarcaciones sobre los tursiones ha sido ampliamente reportado, ya que altera el comportamiento acústico (Buckstaff, 2004), la duración de la alimentación (Dans *et al.*, 2008), el uso del hábitat (Constantine *et al.*, 2004) y desencadena efectos a corto y largo en la abundancia y distribución (Bejder *et al.*, 2006). Muchos estudios coinciden en general en que la evasión hacia las embarcaciones debe ser el comportamiento dominante de los tursiones para reducir las interacciones indeseables; por lo tanto, cuando un gran número de embarcaciones están pescando en un área, los tursiones pueden usar sitios alternativos, incluso si hay grandes cantidades de peces disponibles (Morteo *et al.*, 2012b).

IV.2.1. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

El PNSAV está sujeto a presiones antrópicas debido a la presencia de una de las ciudades costeras más grandes de la región y de un puerto de altura, así como la influencia de la descarga de los ríos La Antigua, Jamapa y Papaloapan (Ortiz-Lozano *et al.*, 2015a) que superan los $45 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$, y aunque se desconoce el volumen total de aguas residuales urbanas, se sabe que existen al menos 35 descargas de drenaje directo al mar (Carreón-Palau, 2019). La costa aledaña al PNSAV presenta un crecimiento exponencial en la zona metropolitana de Veracruz, incluyendo la ampliación de la Administración del Sistema Portuario Nacional Veracruz (ASIPONA Veracruz, antes APIVER) y la denominada Riviera Veracruzana (ASIPONA Veracruz, 2022; SEDATU, 2022).

Dentro del polígono del PNSAV recurrentemente transitan embarcaciones de gran calado, como buques de carga comercial que llegan al puerto de Veracruz, transportando productos de exportación e importación (*e.g.* minerales, hidrocarburos, vehículos, productos químicos, granel agrícola), atravesando la zona de arrecifes en la parte norte (ASIPONA-VER, 2022). Además, se llevan a cabo actividades como la pesca artesanal o a pequeña escala, la cual está concentrada en el subsistema Antón Lizardo donde se realiza el 86% de las capturas, mientras que en el subsistema Veracruz se extrae sólo el 13% (Morteo *et al.*, 2015) y pesca industrial a mar abierto (realizada con redes de media agua, redes de arrastre y palangres). Asimismo, se realizan actividades de turismo costero, influyendo en los flujos de agua, generación de desechos domésticos e industriales, destrucción de manglares y estructuras coralinas (Ruíz-Hernández, 2014).

De las cerca de 90 especies de peces óseos que se capturan en la zona, al menos 11 son de importancia comercial, tales como: peto (*Scomberomorus cavalla* Cuvier, 1829), medregal (*Seriola zonata* Mitchill, 1815), sardina (*Harengula jaguana* Poey 1865), rubia (*Ocyurus chrysurus* Bloch, 1791), chopa (*Kyphosus incisor* Cuvier, 1831; *Kyphosus sectator* Linnaeus, 1758), lisa (*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758), bonito (*Euthynnus alletteratus* Rafinesque, 1810), cubera (*Lutjanus cyanopterus* Cuvier, 1828), jurel blanco (*Caranx latus* Agassiz, 1831) y jurel amarillo (*Caranx hippos* Linnaeus, 1766) (Morteo *et al.*, 2015).

IV.2.2. Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

La ZCSLA alberga un puerto de categoría menor, cuya actividad principal es el atraque de buques camaroneros y pesqueros, predominando el sector industrial en la conservación y envasado de pescados y mariscos, así como la construcción y reparación de embarcaciones (Gaceta Legislativa, 2022). Otras actividades costeras que se desarrollan en el SLA y que tienen un impacto sobre este son, ganadería, agricultura, asentamientos rurales, tala de mangle, cultivo de moluscos y peces en jaulas (Ortíz *et al.*, 2010).

Al formar parte del Plan de Desarrollo Comercial de la Riviera Veracruzana, el cual contempla un acelerado cambio de uso de suelo con predisposición a uso habitacional, se espera un crecimiento inmobiliario en el corto plazo, con los bienes y servicios que conlleva, en la ZCSLA (Carrillo *et al.*, 2014; Gaceta Legislativa, 2022).

Asimismo, la ZCSLA es reconocida como un sitio de pescadores, ya que cuenta con una gran diversidad de especies de importancia comercial (Carrillo *et al.*, 2014). Las especies más representativas para la pesquería son, la almeja gallo (*Rangia cuneata*, Sowerby, 1832), almeja casco (*R. flexuosa*, Conrad, 1839), almeja negra (*Polymesoda carolinian*, Bosc, 1802), la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*, Cuvier, 1830), el ostión americano (*Crassostrea virginica*, Gmelin 1791), la jaiba azul (*Callinectes sapidus*, Rathbun, 1896), jaiba prieta (*C. rathbunae*, Contreras, 1930), el langostino o camarón prieto (*Macrobrachium acanthurus*, Wiegmann 1836), el camarón blanco (*Litopenaeus setiferus*, Linnaeus 1767), camarón café (*Farfantepenaeus aztecus*, Ives, 1891), camarón rosado (*F. duorarum*, Burkenroad 1939), el chucumite (*Centropomus parallelus*, Poey 1869), la cintilla (*Trichiurus lepturus*, Linnaeus, 1758), el robalo blanco (*Centropomus undecimalis*, Bloch, 1792), robalo prieto (*C. poeyi*, Chávez 1961), la lebrancha (*Mugil curema*, Cuvier y Valenciennes 1836), y la naca (*Dormitator maculatus*, Bloch, 1792; Carrillo *et al.*, 2014).

De acuerdo con los datos disponibles, el número de pescadores registrados en la ZCSLA al 2013 es de 3,728 pescadores, mientras que el número estimado de pescadores libres que ejercen actividades en el sector es de 5,000 (Gaceta Legislativa, 2022). Las embarcaciones registradas al mismo año ascienden a 1,537 unidades, de las cuales 1,123 corresponden a la pesca de escama, 453 a la jaiba, 443 a langostino, 41 de almeja, 55 de

osti3n y 5 de cangrejo, aunque en muchos casos una misma embarcaci3n ocupa varias pesquerías (Gaceta Legislativa, 2022).

En la ZCSLA, Bolaños *et al.* (2021) reportaron la existencia de una comunidad núcleo, posiblemente relacionado con el suministro predecible de presas y un ambiente protegido. Esta zona es usada por los tursiones a pesar de los riesgos impuestos por las pesquerías, por lo que están espacialmente correlacionados (Morteo *et al.*, 2012a), existiendo reportes sobre evidencia física (heridas, cicatrices y marcas) de su interacci3n con pesquerías en más de la sexta parte de los individuos (Morteo *et al.*, 2017).

IV.3. Instrumentos legales que regulan la protecci3n de los tursiones

A nivel internacional *T. truncatus* se encuentra incluida dentro de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN como especie de importancia menor (Wells *et al.*, 2019), y en la Convenci3n sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) en su Apéndice II, donde se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinci3n, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilizaci3n incompatible con su supervivencia.

A nivel nacional la Ley General de Vida Silvestre (LGVS; D.O.F., 2021) establece en su artículo 56, que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) identificará a través de listas, las especies o poblaciones en riesgo, de conformidad con lo establecido en la norma oficial mexicana correspondiente, por lo que, como parte de su estrategia para la conservaci3n, el gobierno federal mexicano, a través de la SEMARNAT publicó la Norma Oficial Mexicana 059 SEMARNAT cuyos objetivos son, identificar a las especies o poblaciones de México en riesgo, elaborar los listados correspondientes y establecer los criterios de inclusi3n, exclusi3n o cambio de categoría de riesgo, mediante la aplicaci3n del Método de Evaluaci3n de Riesgo de Extinci3n de Especies Silvestres de México (MER). La NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F. 2019) describe 2,606 especies en diferentes categorías de riesgo, donde *T. truncatus* se encuentra bajo la categoría de Sujeta a protecci3n especial.

Para promover el desarrollo de proyectos para la conservaci3n y recuperaci3n de especies, la SEMARNAT en conjunto con académicos especialistas en distintos grupos taxonómicos, elaboró una lista de especies y poblaciones de plantas y animales

consideradas como prioritarias para la conservación en México, publicada en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F) en marzo del 2014, la cual incluye a *T. truncatus* como especie prioritaria.

IV.4. Instrumentos de gestión para la conservación de los tursiones

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) a través de los Programas de Acción para la Conservación de Especies (PACE), ha buscado consolidar, promover e implementar acciones específicas y estrategias de conservación para las poblaciones de especies prioritarias en México, mediante cinco líneas estratégicas: 1) manejo integrado del paisaje, 2) conservación y manejo de especies en riesgo, 3) participación social y cultura para la conservación, 4) economía de la conservación, y 5) cambio climático. Para el 2019, se cuenta con 46 PACE, que atienden a 176 especies (CONANP, 2019).

En 2019 se crea el Programa para la Protección y Restauración de Ecosistemas y Especies Prioritarias (PROREST), el cual surge de la fusión de dos programas (Programa de Manejo en Áreas Naturales Protegidas, PROMANP, y el Programa de Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo, PROCER) y se ejecuta a través de dos componentes, 1) Estudios para el manejo de ANP y 2) Conservación comunitaria en ANP. Dicho programa va encaminado a la conservación y restauración de los ecosistemas, así como a la recuperación de sus especies prioritarias de las ANP y sus zonas de influencia (CONANP, 2021), como es el caso de las subpoblaciones de *T. truncatus* en el PNSAV y su zona de influencia (SLA).

V. Hipótesis

De acuerdo con el Método de Evaluación de Riesgo para especies silvestres en México, una población cuya suma total de los valores asignados a los criterios de evaluación (amplitud de la distribución, estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón, vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón e impacto de la actividad humana) se sitúe entre 12 y 14 puntos, será considerada como en peligro de extinción y aquella cuya suma total se encuentre entre 10 y 11 se considerará como amenazada. Bajo esta premisa y debido a las amenazas intrínsecas de la zona de estudio y a las propias de la especie, se

espera que las subpoblaciones de *T. truncatus* en la Costa Central de Veracruz (CCV) resultarán con un valor mayor o igual a 10 y menor o igual a 14 puntos.

VI. Objetivo general

Evaluar el estado actual de riesgo de *T. truncatus* en la Costa Central de Veracruz, utilizando la metodología contenida en la NOM-059-SEMARNAT-2010, lo que permitirá definir acciones para su protección.

VI.1. Objetivos particulares

1. Evaluar la amplitud geográfica relativa de la distribución de la especie en las subpoblaciones del PNSAV y la ZCSLA.
2. Evaluar el estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales de *T. truncatus* en ambas subpoblaciones.
3. Evaluar los factores que hacen biológica y ecológicamente vulnerable a la especie en las dos subpoblaciones.
4. Realizar una evaluación del impacto de las actividades humanas sobre las subpoblaciones del PNSAV y la ZCSLA.

VII. Materiales y métodos

VII.1. Área de estudio

El área de estudio está compuesta por: 1) el complejo arrecifal del PNSAV (19°16'00.00" latitud Norte y 96°12'01.00" longitud Este), y 2) su zona de influencia que incluye las aguas de la ZCSLA (19°27'36.80" latitud Norte y 96°05'49.57" longitud Este; Figura 1).

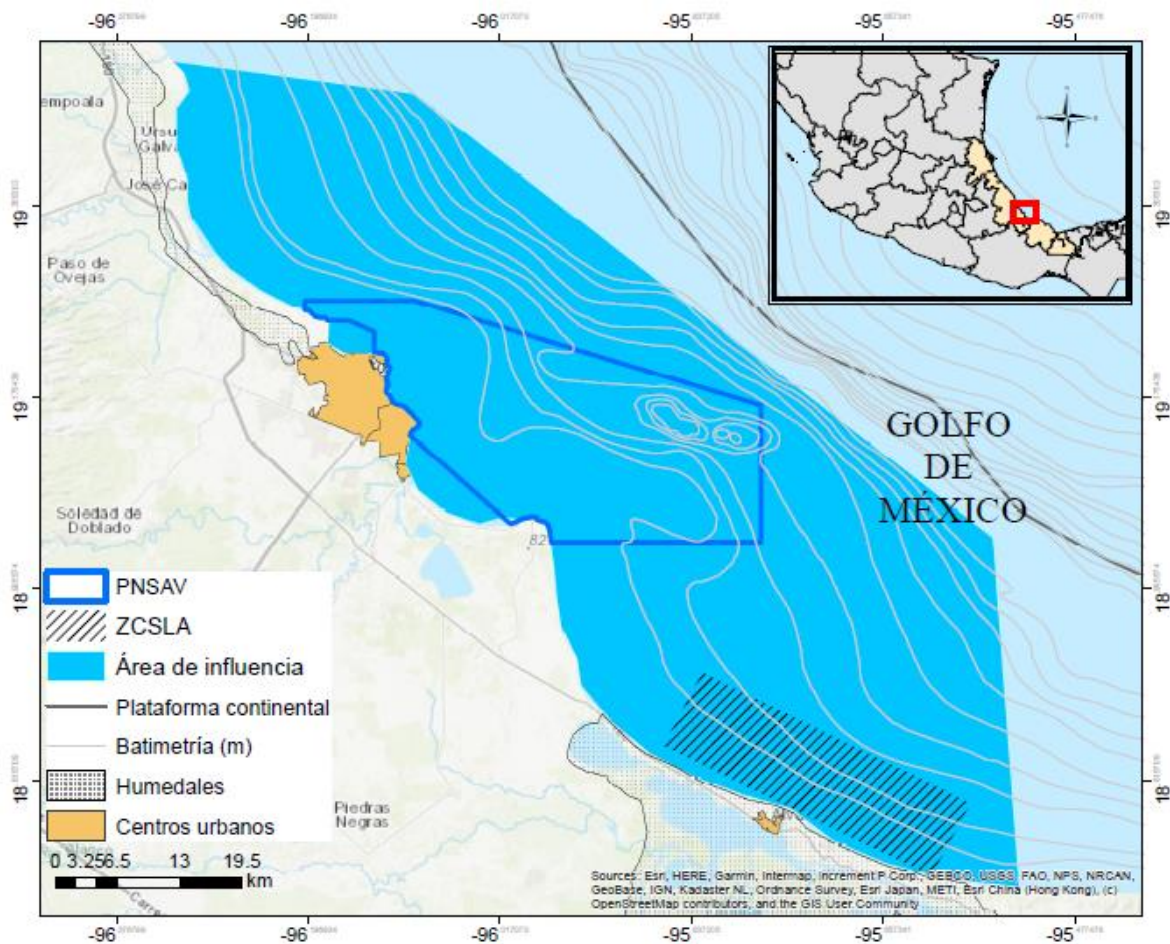


Figura 1. Localización del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) y su Área de Influencia conformada por la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA).

VII.1.1. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

VII.1.1.1. Características generales

El PNSAV es un área marina protegida desde 1992, en reconocimiento al valor de sus recursos (D.O.F., 2012); se encuentra ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado, con una superficie de 65,516-47-08.05ha (D. O. F., 2017; Figura 2) y una zona de influencia de 895,752-26-39.99 ha (D.O.F. 2012). El PNSAV está constituido por dos subsistemas arrecifales: Veracruz y Antón Lizardo, divididos por la influencia del río Jamapa, provocando que las aguas circundantes sean turbias y poco transparentes (Hernández-Candelario, 2009). El PNSAV representa el mayor sistema coralino del suroeste del Golfo de México, siendo descrito por diferentes autores como un sistema de una alta complejidad espacial, ecológica y socioeconómica (Ortiz *et al.*, 2015). Las lagunas arrecifales son muy someras, pues tienen ~2 m de profundidad y la

longitud de los arrecifes varía de ~0.3 a 3.2 km, cubriendo un área que va de ~1 a 19 km², con una profundidad que está entre los 20 y 45 m (Ortiz-Lozano *et al.*, 2015b).

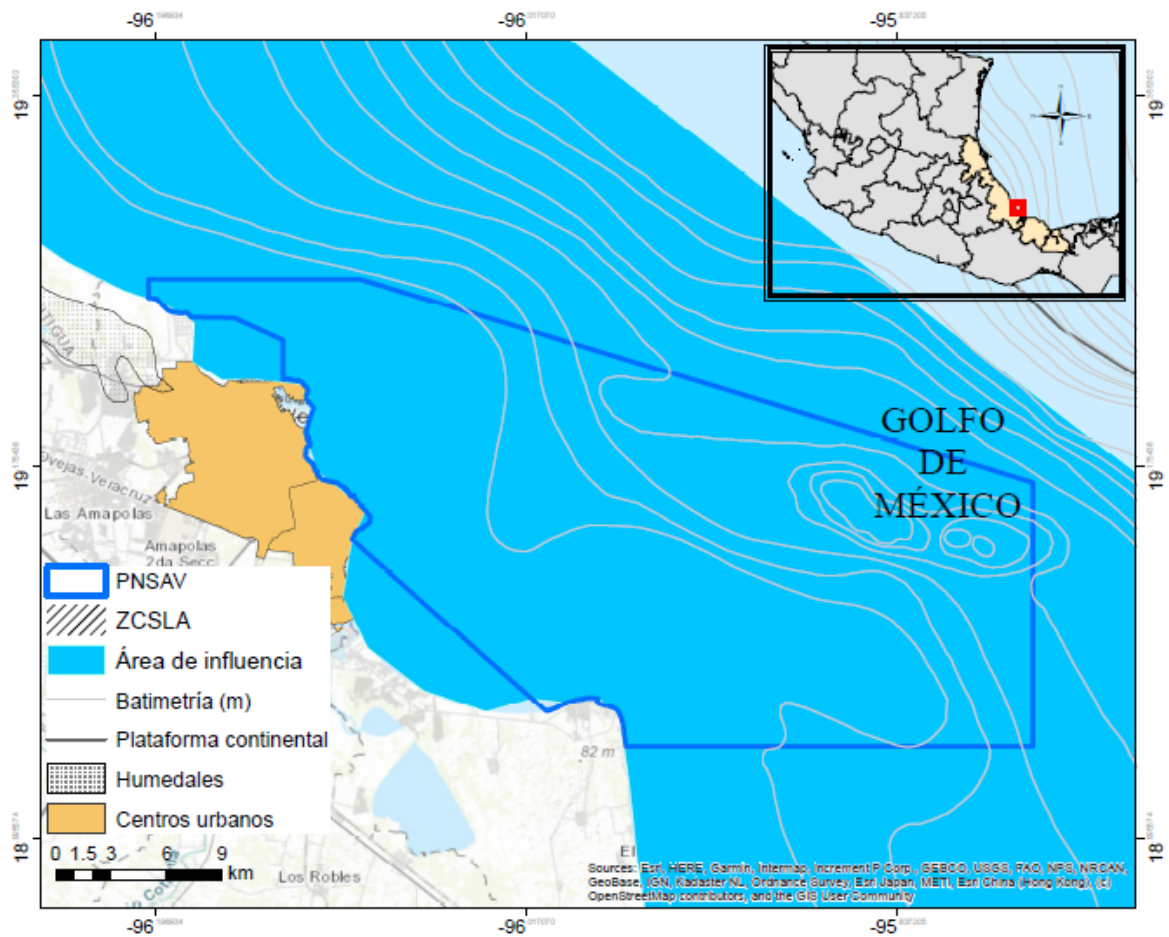


Figura 2. Localización del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV).

VII.1.1.2. Clima

Con base en el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (1988), el tipo de clima de la zona costera terrestre frente al PNSAV corresponde a la categoría cálido-húmedo por presentar una temperatura mayor a 18 °C. Las normales climatológicas registradas entre 1951 y 2010 en la estación “00030056 El Tejar”, ubicada en la zona conurbada, reporta una temperatura máxima normal anual de 29.9°C, siendo mayo el mes con la máxima mensual (36.5°C), una media normal anual de 24.8 °C, y media mínima normal anual 19.7 °C, siendo enero el mes con la mínima mensual (11.9°C). La precipitación normal anual es de 1,702.3 mm, siendo julio, agosto y octubre los meses más lluviosos del año (1,035.8 mm 840 mm y 851 mm respectivamente; SMN; s.f.).

El clima del PNSAV se caracteriza por presentar varias temporadas de eventos climáticos. La temporada de “Secas” (marzo-junio), temporada de “Lluvias” (julio-octubre) y temporada de “Nortes” (noviembre-febrero; Hernández-Candelario, 2009). Durante los eventos de Norte, las ráfagas de viento en la línea de costa pueden superar los 100 km/h y generar oleaje por arriba de los 3 metros de altura (D.O.F., 2017).

En el Golfo de México, del 1 de junio al 30 de noviembre, se presenta la temporada de ciclones tropicales, los cuales son sistemas de baja presión acompañados de fuertes vientos y precipitación con registro máximos de 300 mm en 24 horas (D.O.F., 2017). De julio a agosto se presenta una temporada canicular (veranillo), la cual se presenta con una duración aproximada de siete semanas, consistente de aumento de temperatura y disminución de la precipitación (D.O.F., 2017).

VII.1.2. Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

VII.1.2.1. Características generales

La ZCSLA forma parte del Sitio Prioritario Marino Sistema Lagunar de Alvarado (CONABIO, 2007) y representa una parte del área de influencia del PNSAV, al sur de la costa central del estado (D.O.F., 2012). Constituye uno de los principales centros estatales captadores y abastecedores de agua (Carrillo *et al.*, 2014). La laguna de Alvarado es la principal conexión del sistema lagunar con el mar y a ella descargan, finalmente, los escurrimientos provenientes de las subcuencas de los ríos Blanco, Camarón y Acula, que se interconectan en la parte más baja de la cuenca y en la estación de lluvias originan la formación de una llanura de inundación hídrica que, junto con el sistema lagunar constituyen un gran vaso de almacenamiento. Esta zona tiene una extensión de aproximadamente 5,240 km² y representa casi 9% de la superficie de la cuenca del Papaloapan (Carrillo *et al.*, 2014).

La ZCSLA representa un hábitat costero abierto en el oeste del Golfo de México, lo cual quiere decir que no existen barreras físicas y que existe conexión e intercambios directos de agua (Sumich,1992). Se caracteriza por aguas someras (~20 m) y una temperatura superficial del agua con promedio anual de 27° C (Guzmán-Vargas, 2015; Figura 3).



Figura 3. Localización de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA).

VII.1.2.2. Clima

Presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de acuerdo con la clasificación Köppen-Geiger, con una temperatura media anual de 25.2°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. El promedio de precipitación es de 1,576 mm y durante el mes más seco presenta una precipitación que oscila entre 0 y 60 mm (Vázquez-Lule *et al.*, 2009).

Su variabilidad climática sigue un patrón tropical con tres estaciones en el año. En la época de lluvias (julio-octubre), hay un flujo mayor de material orgánico del continente, influyendo sobre los manglares de la laguna. La temporada de Nortes (noviembre- febrero) presenta fuerte vientos de 80 km h⁻¹, y en la temporada de Secas (marzo-junio) se presenta una reducción en el promedio de precipitación (Guzmán, 2015). En el caso de los ciclones tropicales, estos tienen un impacto sobre la franja costera, pudiendo alterar su hidrología,

geomorfología, estructura biótica y el ciclo de los nutrientes y energía (Vázquez-Lule *et al.*, 2009).

VII.2. Métodos

Los métodos de evaluación del estado de riesgo incluyen una combinación de estimaciones, inferencias y proyecciones, así como opiniones y conocimientos de expertos, que son usados para obtener la mejor información científica y razonablemente sustentada (Mace *et al.*, 2008). Estos métodos son ampliamente utilizados por diversos grupos de expertos en todo el mundo, tal como la inclusión de especies amenazadas en la Lista Roja de la IUCN o en la lista nacional de especies en riesgo conocida como NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F., 2019). La inclusión en la lista nacional engloba factores ampliamente reconocidos por incrementar la vulnerabilidad a la extinción, destacando el uso de datos poblacionales, biogeografía, amenazas y características biológicas para determinar su estado de riesgo y vulnerabilidad (Tambutti *et al.*, 2001; Sánchez *et al.*, 2007; D.O.F., 2019).

Para evaluar el riesgo en cada una de las subpoblaciones de *T. truncatus* en el PNSAV y la ZCSLA, se utilizó el Método de Evaluación de Riesgo para especies silvestres en México (MER), contenido en la NOM-059 (D.O.F., 2019). La evaluación de las dos subpoblaciones por separado responde a la presencia de condiciones de hábitat y parámetros poblacionales distintos (Morteo *et al.*, 2019).

El MER se compone de cuatro criterios independientes entre sí, que son valorados numéricamente y generan una suma aritmética de puntajes, que está en relación directa con el grado acumulativo de riesgo de extinción (Tambutti *et al.*, 2001; Sánchez *et al.*, 2007; D.O.F., 2019). La valoración conjunta de los criterios deriva en la categorización del probable riesgo que pueda enfrentar una especie y se ordenan en tres categorías previstas en la NOM-059 (D.O.F., 2019): en Peligro de extinción (P), Amenazada (A), o Sujeta a protección especial (Pr). A continuación, se describen los métodos para el desarrollo de cada criterio.

VII.2.1. Criterio A. Amplitud geográfica relativa de la distribución de *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

La amplitud de la distribución geográfica de la especie evalúa exclusivamente la vulnerabilidad relativa que puede significar para un determinado taxón, la extensión geográfica que éste ocupa a escala nacional, que en el caso de las especies marinas corresponde a la superficie denominada Zona Económica Exclusiva (ZEE). Este criterio considera cuatro gradaciones con un puntaje entre 4 y 1 (Sánchez *et al.*, 2007; D.O.F., 2020):

Muy restringida = 4. Se aplica a especies microendémicas y especies principalmente extraliminales con escasa distribución en México (menor a 5% del territorio nacional).

Restringida = 3. Incluye especies cuya área de distribución se encuentra entre el 5 y 15% del territorio nacional.

Medianamente restringida o amplia = 2. Incluye aquellas especies cuya área de distribución es mayor a 15%, pero menor a 40% del territorio nacional.

Ampliamente distribuida o muy amplia = 1. Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es igual o mayor a 40% del territorio nacional.

VII.2.1.1. Mapa de distribución

Para evaluar el Criterio A, se describió la distribución de las dos subpoblaciones de *T. truncatus* en la costa central del estado de Veracruz, y se comparó con el área de influencia del PNSAV (descrita adelante), como adaptación del área de interés, en lugar del total de la ZEE.

Se integró una base datos espacial de registros históricos y actuales de *T. truncatus* en la CCV, incorporando la siguiente información en caso de estar disponible: identificador, coordenadas, especie, localidad, estado, país, colección, fecha, número de neonatos, número de crías, número de juveniles, número de individuos avistados, fuente. La búsqueda de registros se realizó a través de la página del Instituto de Investigaciones Biológicas (IIB; <https://www.uv.mx/iib/>) y el Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Universidad Veracruzana (LabMMar; <https://www.uv.mx/labmmar/>), la página del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana (ICIMAP; <https://www.uv.mx/veracruz/icmp/>) y en el buscador especializado en resultados

académicos *Google Scholar* para publicaciones científicas, literatura gris (e.g. Ruiz-Hernández, 2014; Hernández-Candelario *et al.*, 2015; Escobar-Lazcano, 2019) y proyectos de investigación, así como la base de datos en línea de la CONABIO (https://www.snib.mx/descargasSNIBmx/SNIBTaxonomia_20211019_134924.zip; CONABIO, 2022), Ocean Biodiversity Information System. Spatial Ecological Analysis of Megavertebrate Populations (OBIS-SEAMAP; <https://seamap.env.duke.edu/>), Global Biodiversity Information Facility, (GBIF; <https://www.gbif.org/occurrence/download/0168209-220831081235567>) y la base datos del LabMMar.

Cada registro fue considerado como avistamiento individual, es decir, no se hizo distinción si se trataba de un grupo o asociación en particular (e.g., adultos con crías, adultos con juveniles), ya que no todos los avistamientos cuentan con ese dato. Así mismo se eliminaron valores atípicos, los cuales consistieron en coordenadas fuera de la ZEE y del área de influencia. Las coordenadas obtenidas fueron transformadas a grados decimales para homogeneizar la información geográfica utilizando el Datum WGS84.

Los datos fueron procesados mediante el software ArcGis® vr. 10.3 (ESRI, 2014), así como el área de influencia marina del PNSAV de acuerdo con la poligonal incluida en el Decreto de modificación del ANP (D.O.F., 2012), la batimetría (INEGI,2015) y los arrecifes del PNSAV (UNEP-WCMC, 2021).

VII.2.1.2. Evaluación del tamaño relativo de la distribución

Una especie tiene altas probabilidades de ser observada en aquellas regiones del planeta donde: 1) existan las condiciones abióticas necesarias, 2) existan las condiciones bióticas favorables, y 3) hayan estado accesibles a la dispersión de la especie desde la región de su origen histórico, o bien desde alguna región definida en un momento temporal relevante, esto es, la región del planeta accesible a la dispersión (M) (Soberón *et al.*, 2017). El espacio “M” se estimó para cada subpoblación mediante la construcción de un polígono de zona de influencia de 10 km para cada registro, por medio de la herramienta *Buffer* de ArcGis® vr., 10.3 (ESRI, 2014). El radio de 10 km es una distancia que permite la conexión entre los puntos del área de distribución para que las zonas de influencia alrededor de cada registro en cada subpoblación no estuvieran aisladas, y a su vez permite diferenciar ambos sitios por

tener subpoblaciones distintas. Debido a que el área de interés se encuentra dentro de los límites de la plataforma continental y de un ANP de competencia federal, se utilizó el área decretada de influencia marina del PNSAV (D.O.F., 2012) como espacio de referencia para delimitar los polígonos buffer utilizando la herramienta Clip ArcGis® vr., 10.3 (ESRI, 2014).

Con base en los registros obtenidos se generó un modelo de densidad Kernel (ESRI, 2014), utilizando un tamaño de pixel de 225 x 225 m propuesto por La Fauci (2017), normalizando a 1 para poder tener la misma escala de valores en ambas subpoblaciones. Se definió como área potencial de distribución para cada subpoblación, la superficie en km² de la densidad Kernel.

De acuerdo con el Decreto en el D.O.F. (2012) el área de influencia del PNSAV ocupa una superficie de 895,752-26-39.99 ha, que incluye tanto la zona marina como la terrestre, por lo que se procedió a calcular la superficie marina mediante la herramienta Measure de ArcGis® vr., 10.3 (ESRI, 2014). Los cálculos de las superficies del polígono M para cada subpoblación y la superficie de la densidad Kernel se realizaron con la misma herramienta Measure de ArcGis® vr., 10.3 (ESRI, 2014),

De acuerdo con la proporción de área ocupada de la distribución potencial con respecto al polígono M para cada subpoblación, se asignó el valor correspondiente a la categoría dentro del criterio Amplitud de la Distribución del Taxón.

VII.2.2. Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural de *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

Este criterio califica a la interacción de la especie y sus poblaciones con el hábitat a lo largo de su distribución, es decir, el hábitat cuya calidad pretende evaluarse debe ser analizado en función de las necesidades vitales conocidas del ecotipo costero de la especie *T. truncatus*, en el sentido de haber sido degradado afectando negativamente a la especie (Sánchez *et al.*, 2007). El Criterio B considera tres categorías (D.O.F., 2019):

Hostil o muy limitante = 3

Intermedio o limitante = 2

Propicio o poco limitante = 1

La información para sustentar este criterio se basó en la descripción de los parámetros ecológicos en donde se distribuyeron los registros de los tursiones en las aguas costeras del PNSAV y de la ZCSLA para el análisis diagnóstico del hábitat y en el grado de traslape entre las rutas de tráfico marítimo y el índice de idoneidad de hábitat en ambas subpoblaciones para así determinar el estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales de la especie.

VII.2.2.1. Antecedentes (tipo de hábitat que ocupa *Tursiops truncatus*)

Se integraron los antecedentes del tipo de hábitat que ocupa el ecotipo costero, así como los datos existentes en la zona costera central del estado de Veracruz con base en la revisión de literatura científica y de información complementaria del hábitat (*e.g.* Guevara-Aguirre & Gallo-Reynoso, 2016; Escobar-Lazcano, 2019; García-Aguilar, 2020; La Manna *et al.*, 2020; Nah-Balam *et al.*, 2021; Booth & Thomas, 2021; Martínez-Mendoza, 2022), permitiendo identificar las variables ambientales marinas relacionadas con su desarrollo y supervivencia, tales como características topográficas: batimetría (m), pendiente batimétrica (grados); condiciones ambientales y proxy de la disponibilidad de presas: temperatura superficial del mar (°C), salinidad (psu) y concentración de clorofila-a (mg m^{-3}) y distancia a la costa (km).

VII.2.2.2. Análisis diagnóstico del estado actual del hábitat

Se realizó un análisis descriptivo de la dimensión o perfil ecológico del nicho (Delfín-Alfonso *et al.*, 2012) con los datos estadísticos (media, mediana, desviación estándar, mínimo, máximo y nivel de confianza) publicados por Martínez-Mendoza (2022) como diagnóstico del estado actual del hábitat de *T. truncatus* en el PNSAV y la ZCSLA (Tablas 3 y 4). Los datos utilizados derivan de la asociación de las variables ambientales marinas que no estuvieran correlacionadas con cada registro de presencia utilizando la herramienta *Extract Multi Values to Points* (ESRI, 2014). Las variables ambientales utilizadas para el diagnóstico se limitaron a las identificadas en el apartado VII.2.2.1 (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Variables ambientales marinas para el PNSAV			
Abreviatura	Variable climática	Unidades	Fuente
CLO	Clorofila-a	mg m ⁻³	SNIB
BAT	Batimetría	m	MARSPEC
DALC	Distancia a la costa	Km	MARSPEC
PEND	Pendiente batimétrica	Grados	MARSPEC
SSS_PA	SSS promedio anual	psu	MARSPEC
SST_PA	SST promedio anual	°C	MARSPEC

Nota: CLO= Clorofila *a*, BAT= Batimetría, DALC= Distancia a la costa, PEND= Pendiente, SSS_PA= Salinidad superficial del mar, SST_PA= Temperatura superficial del mar, psu= Unidades prácticas de salinidad. Referencia: Adaptada de Martínez-Mendoza. 2022. Modelos de idoneidad de hábitat del tursi3n (*Tursiops truncatus*) en dos vertientes de las costas mexicanas. P3gina 18.

Tabla 2. Variables ambientales marinas para la ZCSLA			
Abreviatura	Variable climática	Unidades	Fuente
CLO	Clorofila-a	mg m ⁻³	SNIB
BAT	Batimetría	m	MARSPEC
PEND	Pendiente batimétrica	Grados	MARSPEC
SSS_PA	SSS promedio anual	psu	MARSPEC
SST_PA	SST promedio anual	°C	MARSPEC

Nota: CLO= Clorofila *a*, BAT= Batimetría, PEND= Pendiente, SSS_PA= Salinidad superficial del mar, SST_PA= Temperatura superficial del mar, psu= Unidades prácticas de salinidad. Referencia: Adaptada de Martínez-Mendoza. 2022. Modelos de idoneidad de hábitat del tursi3n (*Tursiops truncatus*) en dos vertientes de las costas mexicanas. P3gina 19.

Tabla 3. Estadística descriptiva para el PNSAV

	DALC (km)	PEND (°)	BAT (m)	CLO (mg m ⁻³)	SSS PA (psu)	SST PA (°C)
Media	3.73	0.27	-15.5	3.66	36.01	26.31
Mediana	2	0.2	-13.5	3.23	36	26.37
Desviación estándar	4.19	0.15	11.43	2.72	0.01	0.25
Mínimo	1	0	-55	-1	35.99	25.28
Máximo	22	0.7	-1	10.11	36.04	26.62
Nivel de confianza (95%)	0.87	0.031	2.37	0.56	0.003	0.05

Nota: CLO= Clorofila *a*, BAT= Batimetría, DALC= Distancia a la costa, PEND= Pendiente, SSS_PA= Salinidad superficial del mar, SST_PA= Temperatura superficial del mar, psu= Unidades prácticas de salinidad. Referencia: Adaptada de Martínez-Mendoza. 2022. Modelos de idoneidad de hábitat del tursión (*Tursiops truncatus*) en dos vertientes de las costas mexicanas. Página 42.

Tabla 4. Estadística descriptiva para la ZCSLA

	PEND (°)	BAT (m)	CLO (mg m ⁻³)	SSS PA (psu)	SST PA (°C)
Media	0.18	-7.37	6.08	35.92	26.22
Mediana	0.20	-5	6.34	35.92	26.23
Desviación estándar	0.11	6.31	1.50	0.005	0.10
Mínimo	0	-29	0.05	35.91	25.89
Máximo	0.50	-1	8.76	35.94	26.42
Nivel de confianza (95%)	0.01	0.80	0.19	0.0006	0.01

Nota: CLO= Clorofila *a*, BAT= Batimetría, PEND= Pendiente, SSS_PA= Salinidad superficial del mar, SST_PA= Temperatura superficial del mar, psu= Unidades prácticas de salinidad. Referencia: Adaptada de Martínez-Mendoza. 2022. Modelos de idoneidad de hábitat del tursión (*Tursiops truncatus*) en dos vertientes de las costas mexicanas. Página 43.

Las variables ambientales marinas seleccionadas por Martínez-Mendoza (2022) se descargaron a través de la plataforma de base de datos espaciales Ocean Climate Layers for Marine Spatial Ecology (MARSPEC; <http://marspec.weebly.com/modern-data.html>), con excepción de la variable “clorofila-*a*”, la cual se obtuvo del portal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB; <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>), debido a que no se encuentra en la base de datos de MARSPEC. La resolución espacial de las capas ambientales fue de 1 km (30 segundos de arco) en formato ESRI Grid, Datum WGS84.

VII.2.2.3. Evaluación del estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales del ecotipo costero de *Tursiops truncatus*

El sitio donde se encuentra a la especie no es por sí solo el hábitat, sino que incluye también otros factores, entre ellos las presiones por actividades humanas (Sánchez, 2016). De acuerdo con Sánchez *et al.* (2007), el Criterio B debe enfocarse exclusivamente al estado actual del hábitat, en el sentido de si ya ha sido degradado de manera que afecte negativamente a la especie. Para ello, se utilizó como variable de afectación del estado del hábitat, la densidad de tráfico marítimo, en función del impacto que tiene sobre la calidad del hábitat (Hernández-Candelario, 2009). La información se obtuvo de la base de datos de The Global Maritime Traffic Density Service (GMTDS; <https://globalmaritimetraffic.org/gmtds.html>), cuyos procesos de modelación son en apego al “Método detallado del mapa de densidad de buques de la Unión Europea”, publicado por la Red Europea de Observación y Datos Marinos (2019).

Se descargó la información mensual de densidad de embarcaciones en formato raster, Datum WGS84 con resolución espacial de 1 km (30 segundos de arco), del periodo enero a noviembre de 2022 para el PNSAV y la ZCSLA. Se procedió a calcular el promedio de densidad anual mediante la herramienta *raster calculator* (ESRI, 2014), delimitando al espacio “M” (Ver apartado VII.2.1.2.) mediante la herramienta de *extract by mask* (ESRI, 2014) y posteriormente se transformó el valor de las celdas a enteros con la herramienta *In (spatial analyst)* (ESRI, 2014).

Se utilizó el índice de idoneidad de hábitat para *T. truncatus* en ambas subpoblaciones con base en el trabajo de Martínez-Mendoza (2022), donde el área bajo la curva del receptor-operador (AUC) para el PNSAV es de 0.79 (DE= 0.018) y 0.76 (DE=0.009) para la ZCSLA, mostrando un ajuste aceptable del modelo para ambos lugares. Los valores cercanos a 1 indican un mejor rendimiento del modelo; cuando son superiores a 0.75 se consideran potencialmente útiles (Sánchez, 2016).

Posteriormente se calculó la densidad de embarcaciones (hr km^{-2}) del periodo (enero a noviembre 2022) en las áreas de idoneidad de hábitat para *T. truncatus* en ambas subpoblaciones utilizando la herramienta *zonal statistics as table* (ESRI, 2014). Se establecieron tres rangos en función de los valores de idoneidad de hábitat: hostil o muy limitante (>0.75 y 1), intermedio o limitante (>0.25 y ≤ 0.75), propicio o poco limitante (0 y

≤ 0.25), donde el intervalo con el valor de mayor densidad de tráfico marítimo es el que representa el estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales de la especie para cada subpoblación.

VII.2.3. Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca de *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

Este criterio se refiere al conjunto de factores relacionados con la forma de vida propios del ecotipo costero de la especie *T. truncatus* que la hacen vulnerable. Los tursiones tienen peculiaridades intrínsecas que contribuyen para su mayor o menor propensión al riesgo de extinción o a situaciones de amenaza (Sánchez *et al.*, 2007). El Criterio C considera tres gradaciones numéricas de vulnerabilidad (D.O.F., 2019):

Vulnerabilidad alta = 3

Vulnerabilidad media = 2

Vulnerabilidad baja = 1

La valoración de este criterio se basó en la descripción de los parámetros de la historia de vida del ecotipo costero del tursión que lo hacen vulnerable al cambio de factores externos (*e.g.* cambio climático), procediendo a calcular el Indicador de Vulnerabilidad de Especies adaptado para el ecotipo costero de *T. truncatus*, determinando el grado de vulnerabilidad para cada subpoblación de la CCV.

VII.2.3.1. Antecedentes (historia de vida del ecotipo costero de *Tursiops truncatus*)

Se realizó la descripción de las tolerancias ambientales (salinidad y temperatura), parámetros demográficos y estrategias reproductivas relevantes que tuvieran relación con cambios en factores externos o ambientales (*e.g.* estaciones del año), como abundancia relativa por estación del año, edad promedio de madurez sexual, migraciones estacionales, y temporada de gestación, así como la dependencia de sus interacciones interespecíficas (presas) como factores relacionados a la forma de vida del ecotipo costero de *T. truncatus*, con base en la revisión de publicaciones científicas en el buscador especializado en resultados académicos *Google Scholar*.

VII.2.3.2. Análisis diagnóstico del estado actual de *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

Se realizó la descripción de los mismos parámetros de tolerancias ambientales, aspectos demográficos, estrategia reproductiva relevantes e interacciones interespecíficas del ecotipo costero de *T. truncatus* utilizados en el apartado VII.2.3.1 para las subpoblaciones del PNSAV y la ZCSLA con base en la revisión de publicaciones científicas y literatura gris (e.g. Zepeda-Borja, 2017; Ronzón-Contreras, 2018; Aguilar-Badillo, 2019) en la página del Instituto de Investigaciones Biológicas (IIB; <https://www.uv.mx/iib/>), el Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Universidad Veracruzana (LabMMar; <https://www.uv.mx/labmmar/>), y en el buscador especializado en resultados académicos *Google Scholar*.

VII.2.3.3. Evaluación de qué factores lo hacen vulnerable

Para fines de esta evaluación, la *vulnerabilidad* se define como “la medida en que una especie o población se ve amenazada por la reducción de la capacidad física, pérdida genética o extinción debido a factores externos” con base en los conceptos propuestos por la IUCN (2016) y Carantoña y Hernández (2017). De acuerdo con la IUCN (2016) la vulnerabilidad tiene tres componentes: *exposición*, *sensibilidad* y *capacidad adaptativa*, los cuales proveen de un valioso punto de entrada en las evaluaciones de vulnerabilidad.

En las últimas décadas se han desarrollado una serie de métodos y herramientas para la estimación de la vulnerabilidad a diferentes niveles o ámbitos. Recientemente existe un enfoque que implica la evaluación de los rasgos biológicos intrínsecos que pueden predisponer a las especies a un mayor riesgo de extinción (Carantoña y Hernández, 2017). Este tipo de evaluaciones se clasifican en enfoques denominados “filtros gruesos” que utilizan índices o indicadores para desarrollar una clasificación cualitativa de la vulnerabilidad (Carantoña y Hernández, 2017).

Para la evaluación de los factores que hacen vulnerables las subpoblaciones de tursiones en la CCV, se calculó el Indicador de Vulnerabilidad de Especies, adaptando los métodos propuestos por Foden (2016) y Carantoña y Hernández (2017), los cuales derivan de la metodología propuesta por El Programa Mundial de Especies de la IUCN (Foden y Young, 2016) y Böhm *et al.* (2016) sobre la vulnerabilidad al cambio climático. El tipo de

enfoque de estos métodos es de “filtro grueso”, el cual se basa en atributos biológicos de las especies, y por lo tanto no involucra directamente el uso de modelos simulados

Se utilizó el componente de *sensibilidad* de la vulnerabilidad, para la evaluación de los factores que hacen vulnerables a los tursiones para cada subpoblación. Este componente se define como el grado en que una especie, hábitat o ecosistema es o será probablemente afectado por los cambios o en respuesta a ellos (Foden, 2016). La *sensibilidad* es mediada por una serie de características que influyen en la aptitud de los individuos y la recuperación de las poblaciones (IUCN, 2016). Estas características incluyen rasgos fisiológicos, conductuales y de su historia de vida, que influyen en el grado en que las especies se protegen de la exposición a condiciones subóptimas, su capacidad para tolerar cambios en las condiciones ambientales, así como en las interacciones interespecíficas, y su capacidad para regenerarse y recuperarse tras impactos (Foden, 2016).

Originalmente el Indicador de Vulnerabilidad de Especies desarrollado por Carantoña y Hernández (2017) está conformado por cuatro sets de categorías (componentes): 1) *Estado de conservación de la especie*, con base en la Lista Roja de la IUCN, y los componentes de la vulnerabilidad: 2) *Sensibilidad*, 3) *Capacidad adaptativa* y 4) *Exposición*. De estos componentes únicamente se utilizó el de *sensibilidad* en función del alcance de este apartado, el cual es evaluar los factores de la historia de vida que hacen vulnerable a las subpoblaciones de tursiones. A este componente se le asignaron los valores de puntaje de la metodología de Carantoña y Hernández (2017), los cuales están basados en una serie de criterios relacionados con el riesgo de sobrevivencia de las especies, como consecuencia de factores externos. Los criterios de evaluación se describen a continuación:

Tolerancias o umbrales ambientales

Estos umbrales pueden ser excedidos en algunas especies, particularmente en una o varias etapas de su ciclo de vida. Por lo tanto, aquellas con tolerancias fisiológicas estrechas y dependientes a condiciones ambientales específicas (*e.g.* regímenes de temperatura o precipitación, pH del agua, salinidad, niveles de oxígeno) serán particularmente sensibles a cambios por factores externos como el cambio climático. Actualmente, existen especies cerca de los límites de tolerancia fisiológica con respecto a la temperatura (Böhm *et al.*, 2016). Las condiciones proyectadas pueden provocar la declinación de poblaciones a

medida que los hábitats sean menos apropiados para su sobrevivencia (Carantoña y Hernández, 2017). La tabla 5 muestra la ponderación para la evaluación del ecotipo costero de *T. truncatus* en función de los umbrales de temperatura y salinidad.

Tabla 5. Tolerancias ambientales del ecotipo costero de <i>T. truncatus</i>		
Grado de vulnerabilidad		Valor
Alto	Temperatura <10°C Salinidad <11 psu	3
Moderado	Temperatura ≥10 y <23°C Salinidad ≥11 y <20 psu	2
Bajo	Temperatura ≥23 y ≤32°C Salinidad ≥20 y ≤35 psu	1

Dependencia de desencadenantes ambientales que puedan ser interrumpidos o modificados por cambios en los factores externos (e.g. cambio climático)

Diversas especies dependen de señales o desencadenantes ambientales para iniciar etapas de vida (e.g. migración, cría, hibernación, etc.), como las estaciones del año donde la duración y magnitud pueden experimentar importantes alteraciones (Carantoña y Hernández, 2017). La Tabla 6 muestra la ponderación para la evaluación del ecotipo costero de *T. truncatus* en función de la dependencia de su abundancia relativa (para todos los grupos de edad) y de crías con las temporadas del año como desencadenantes ambientales.

La abundancia relativa de los adultos en función de la temporada del año está relacionada con los cambios en la productividad del sitio y su reproducción (Cerrillo-Espinosa y Barraza-Figueroa, 2007); mientras que la abundancia relativa de las crías en función con la temporada del año se relaciona con la supervivencia por su tolerancia fisiológica (Henderson *et al.*, 2014).

Tabla 6. Dependencia de desencadenantes ambientales para procesos esenciales del ecotipo costero de *T. truncatus*

Grado de vulnerabilidad		Valor
Alto	Existe un cambio en la abundancia relativa con la temporada del año y Existe un cambio en la abundancia relativa de crías con la temporada del año	3
Moderado	Existe un cambio en la abundancia relativa con la temporada del año o Existe un cambio en la abundancia relativa de crías con la temporada del año	2
Bajo	Los procesos esenciales no se relacionan con cambios en las temporadas del año	1

Dependencia de interacciones interespecíficas susceptibles de sufrir perturbaciones

Las alteraciones provocadas por factores externos (*e.g.* cambio climático) pueden generar modificaciones en los rangos de distribución de las especies, fenología y abundancia relativas; por tanto, disminuciones en las poblaciones de presas (Foden *et al.*, 2013). Es probable que las especies que son particularmente dependientes de una o pocas especies, tenderán a verse afectadas por la poca probabilidad de localizar nuevas especies sustitutas. Foden *et al.* (2013) y Böhm *et al.* (2016) señalaron que las especies con dieta especializada serán más propensas a ser impactadas negativamente, como resultados en las reducciones de poblaciones de presas susceptibles a cambios en factores externos (*e.g.*, cambio climático).

Consecuentemente las especies cuya dinámica poblacional depende de interacciones interespecíficas serán más vulnerables por los cambios de abundancia y distribución de las poblaciones de presas (Carantoña y Hernández, 2017). La Tabla 7 muestra la ponderación para la evaluación del ecotipo costero de *T. truncatus* en función de la dependencia de interacciones interespecíficas, utilizando la riqueza taxonómica de ictiofauna para el estado de Veracruz (478 especies; Lara-Domínguez *et al.*, 2011), la alimentación como actividad predominante en el sitio y el uso reducido del área para la alimentación, en función de la totalidad del sitio.

Tabla 7. Dependencia de interacciones interespecíficas del ecotipo costero de *T. truncatus*

Grado de vulnerabilidad		Valor
Alto	Riqueza taxonómica <160 especies y Alimentación como actividad predominante en el sitio y Uso reducido del área para la alimentación	3
Moderado	Riqueza taxonómica ≥160 y <320 especies + Alimentación como actividad predominante en el sitio + Uso de área reducido para la alimentación	2
Bajo	Riqueza taxonómica ≥320 especies + Alimentación como actividad predominante en el sitio + Uso de área extensa para la alimentación	1

Con base en los valores obtenidos para cada criterio de evaluación, se calculó el promedio total como Indicador de Vulnerabilidad de Especies, determinando de esta manera el grado de vulnerabilidad para cada subpoblación utilizando el mismo rango de gradaciones propuesta en la metodología, las cuales coinciden con las del MER.

VII.2.4. Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

El enfoque de este criterio es la tendencia que ha seguido el hábitat de la especie a lo largo del tiempo, considerando escenarios futuros y evaluando los efectos de la acción humana preferentemente directa (*i.e.* cacería, comercio, considerarse plaga) que alteren la viabilidad de los individuos de la especie (Sánchez *et al.*, 2007). El Criterio D considera tres valores para la evaluación (D.O.F., 2019):

Alto impacto = 4

Impacto medio = 3

Bajo impacto = 2

La valoración de este criterio se basó en la identificación de la densidad del tráfico de embarcaciones como factor de riesgo real y potencial, determinando su importancia relativa, para consecuentemente realizar el análisis de pronóstico de la tendencia a la extinción calculando la densidad de embarcaciones por año (2016 - 2022) en las áreas con mayor idoneidad de hábitat para ambas subpoblaciones. Finalmente, la evaluación del

impacto humano sobre la especie se calculó con base en el cálculo de la densidad de embarcaciones del periodo 2016 - 2022 en las áreas con mayor idoneidad de hábitat para ambas subpoblaciones.

VII.2.4.1. Factores de riesgo reales y potenciales con la importancia relativa de cada uno de ellos

Uno de los factores de riesgo para los tursiones costeros reconocido a nivel mundial es el tráfico de embarcaciones (Félix *et al.*, 2019; La Manna *et al.*, 2020), influyendo en el uso de hábitat con efectos a largo y corto plazo en su abundancia y distribución (Constantine *et al.*, 2004; Bejder *et al.*, 2006).

El PNSAV es un área caracterizada por un impacto ambiental constante derivado del amplio rango de actividades que ahí ocurren (*e.g.* pesca, turismo, maniobras portuarias, transporte, militar, entre otros), así como altos niveles de tráfico de embarcaciones (15.42 embarcaciones·h⁻¹; Morteo y Hernández-Candelario, 2007). Mientras que la ZCSLA se caracteriza por embarcaciones menores dedicadas a la pesquería, en donde los encuentros entre las embarcaciones con los tursiones residentes es 2.8 veces más alta que con tursiones transeúntes, registrando animales muertos y mutilados por la interacción humana en el 42% de la subpoblación (Morteo *et al.*, 2017).

En función de lo anterior, se seleccionó la densidad de tráfico de embarcaciones como factor de riesgo real y potencial, procediendo a calcular su importancia relativa utilizando la ecuación para el cálculo de la importancia (I) de un impacto ambiental (Conesa Fernández – Vitora, *et al.*, 2010):

$$(I = \pm [3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]) \text{ Ec.1}$$

Donde: IN (Intensidad), EX (Extensión), MO (Momento), PE (Persistencia), RV (Reversibilidad), SI (Sinergia), AC (Acumulación), EF (Efecto), PR (Periodicidad), MC (Recuperabilidad). Cada variable de evaluación se describe en el anexo 1, así como los rangos para el cálculo de la importancia de un impacto ambiental.

Se aplicó el modelo de importancia de impacto propuesto por Conesa Fernández – Vitora, *et al.*, (2010), la cual es una valoración cualitativa del impacto ambiental en función

del grado de intensidad producido y la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo (*e.g.*, extensión, tipo de efecto, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, periodicidad, entre otros). La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100, donde los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles con el ambiente, entre 25 y 50 son impactos moderados, entre 50 y 75 son severos y superiores a 75 son críticos.

VII.2.4.2. Análisis pronóstico de la tendencia actualizada de *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

En función de la disponibilidad de datos sobre el tráfico de embarcaciones, se utilizó la información sobre densidad de embarcaciones (hr km^{-2}) de la base de datos de The Global Maritime Traffic Density Service (GMTDS; <https://globalmaritimetraffic.org/gmtds.html>), cuyos procesos de modelación son en apego al “Método detallado del mapa de densidad de buques de la Unión Europea”, publicado por la Red Europea de Observación y Datos Marinos (2019), para el PNSAV.

Se descargó la información mensual de densidad de embarcaciones del GMTDS, sin distinción del tipo de embarcación (de pesca, buques, no comerciales, de pasajeros, de servicio, otros) en formato raster, Datum WGS84 con resolución espacial de 1 km (30 segundos de arco), del periodo enero 2016 a noviembre de 2022. Se procedió a calcular el promedio de densidad anual (2016 al 2022) mediante la herramienta *raster calculator* (ESRI, 2014), delimitando al espacio “M” (Ver apartado VII.2.1.2.) mediante la herramienta de *extract by mask* (ESRI, 2014) y posteriormente se transformó el valor de las celdas a enteros con la herramienta *In (spatial analyst)* (ESRI, 2014).

Para la ZCSLA se utilizó la base datos de registro de embarcaciones del LabMMar, del periodo 2006 - 2010. Los datos fueron procesados mediante el software ArcGis® vr., 10.3 (ESRI, 2014) en archivo shapefile para posteriormente transformarse a formato raster con la herramienta *Point to raster* (ESRI, 2014).

Se utilizó el índice de idoneidad de hábitat para *T. truncatus* con base en el trabajo de Martínez-Mendoza (2022). El raster de idoneidad de hábitat se multiplicó por 1000 con la herramienta *raster calculator* (ESRI, 2014) debido a los bajos valores del índice (-1) y

poder transformarlos a números enteros. El raster se convirtió a formato shapefile con la herramienta *raster to polygon* (ESRI, 2014).

Posteriormente se calculó la densidad de embarcaciones (hr km^{-2}) por año (2016 al 2022) en las áreas con mayor de idoneidad de hábitat para *T. truncatus* en ambas subpoblaciones utilizando la herramienta *zonal statistics as table* (ESRI, 2014). De esta manera se obtuvo la tendencia hacia la extinción de los tursiones para cada sitio (PNSAV y ZCSLA).

VII.2.4.3. Evaluación del impacto sobre *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

Se procedió a calcular el promedio de densidad de embarcaciones para el periodo 2016 al 2022 para el PNSAV y 2006 - 2010 para la ZCSLA mediante la herramienta *raster calculator* (ESRI, 2014). Posteriormente, se calculó la densidad de embarcaciones para estos periodos en las áreas con mayor de idoneidad de hábitat para *T. truncatus* en ambas subpoblaciones utilizando la herramienta *zonal statistics as table* (ESRI, 2014).

Se establecieron tres rangos en función de los valores (enteros) de idoneidad de hábitat: alto impacto (9 - 12), impacto medio (5 - 8), bajo impacto (0 - 4), donde el intervalo con el mayor valor de densidad de embarcaciones determinó el impacto humano sobre cada subpoblación.

VII.2.5. Obtención del valor final para *T. truncatus* en la Costa Central de Veracruz

Una vez concluido el análisis de los cuatro criterios evaluados para las subpoblaciones, se estimó el valor de riesgo para cada una (PNSAV y ZCSLA), y se calculó el promedio entre ambos sitios para asignar el valor del estado actual de riesgo de los tursiones en la CCV.

En este sentido, los siguientes escenarios son posibles (Sánchez *et al.*, 2007; Tambutti *et al.*, 2001), de acuerdo con la suma de los criterios en cada subpoblación o al promedio de ambas subpoblaciones:

- 1) Si el puntaje se sitúa entre 12 y 14, será considerado como En peligro de extinción (P).
- 2) Si el puntaje se encuentra entre 10 y 11, Amenazado (A).

3) Si el puntaje es menor a 10, Sujeta a protección especial (Pr).

VIII. Resultados

VIII.1. Criterio A. Amplitud geográfica relativa de la distribución de *T. truncatus* en la Costa Central de Veracruz

VIII.1.1. Mapa de distribución y cómo se hizo el mapa

Se obtuvieron un total de 427 registros de avistamientos de tursiones en la costa central de Veracruz, donde 96 registros corresponden al PNSAV y 331 a la ZCSLA. Los registros se concentraron dentro de los periodos 2006 – 2008, 2016 – 2017 para el PNSAV y 2006 – 2010, 2016 – 2019 para la ZCSLA (Figuras 4 y 5).

VIII.1.1.1. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

Se observó que los registros de la subpoblación de *T. truncatus* en el PNSAV se distribuyeron desde la zona norte, cerca de los complejos arrecifales Galleguilla, Gallega, Blanquilla y Anegada de Adentro, pasando por los arrecifes Pájaros, Sacrificios y la desembocadura del Río Jamapa, al este del PNSAV, hasta la parte suroeste en los arrecifes Blanca, Giote, Chopas, De En medio y Rizo y sureste en el arrecife Santiaguillo y Anegada de Afuera. La mayor concentración de registros se presentó dentro de la isobata de los 20 m, a una distancia mínima aproximada de 400 m mar adentro, cerca de la desembocadura del Río Jamapa y hacia la parte suroeste del PNSAV alrededor de los arrecifes Blanca, Giote, Chopas, De Enmedio y Rizo. La distancia máxima aproximada de los registros fue de 20 km mar adentro, entre los arrecifes Cabezo y Anegadilla, en la isóbata de 50 m (Figura 4).

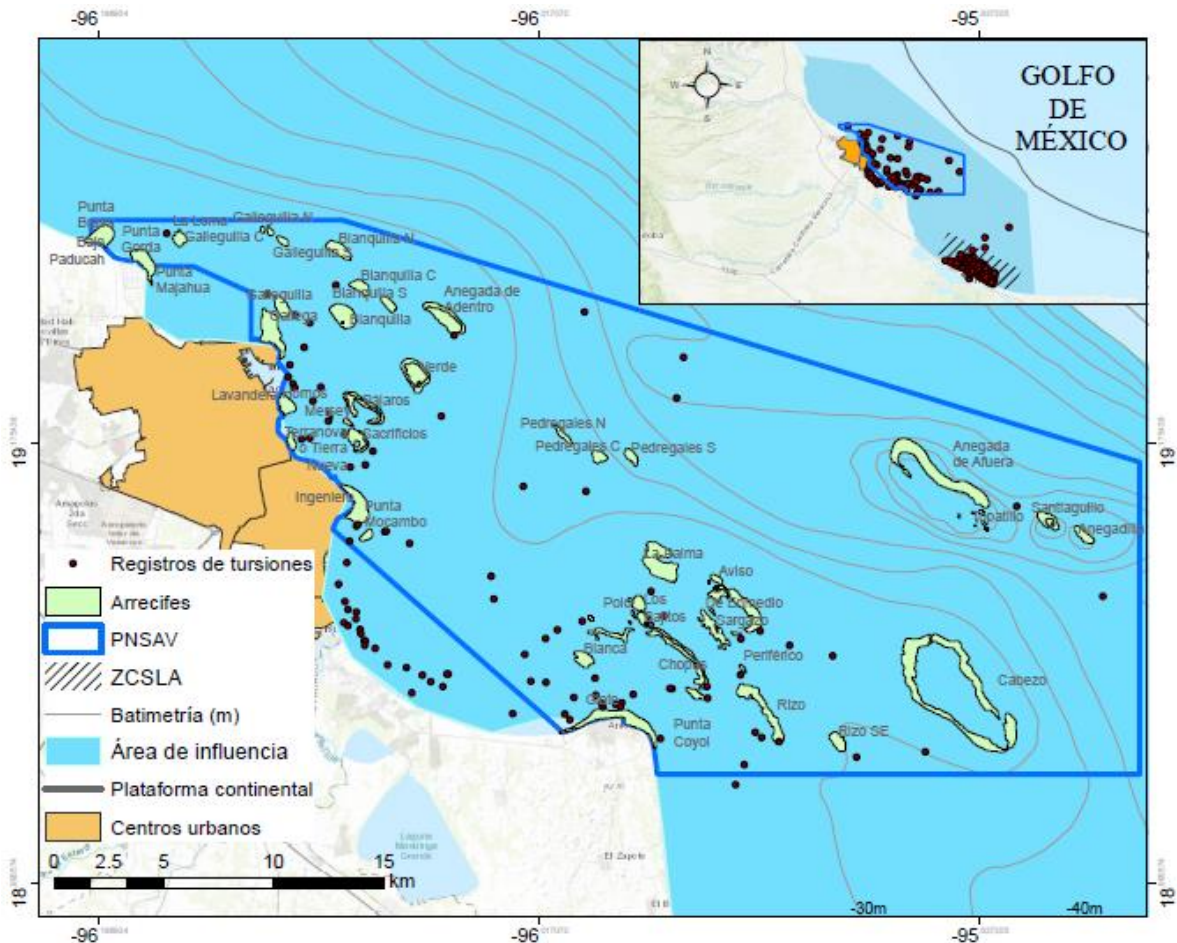


Figura 4. Registros de *T. truncatus* en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) en la Costa Central de Veracruz (CCV).

VIII.1.1.2. Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

La distribución de los registros de la subpoblación de *T. truncatus* en la ZCSLA abarca la zona costera a la altura de la laguna Buen País, pasando por la boca de la laguna de Alvarado y dentro de la boca de la laguna (escolleras) hasta la parte sur, aproximadamente a 9 km de la desembocadura de la laguna de Alvarado. La mayor concentración de los registros se encuentra en la isóbata de 20 m en la desembocadura de la laguna de Alvarado; incluso existen registros dentro de la boca de la laguna y adentro de la laguna. La distancia máxima de los registros es de 21 km mar adentro en la isóbata de 70 m (Figura 5).

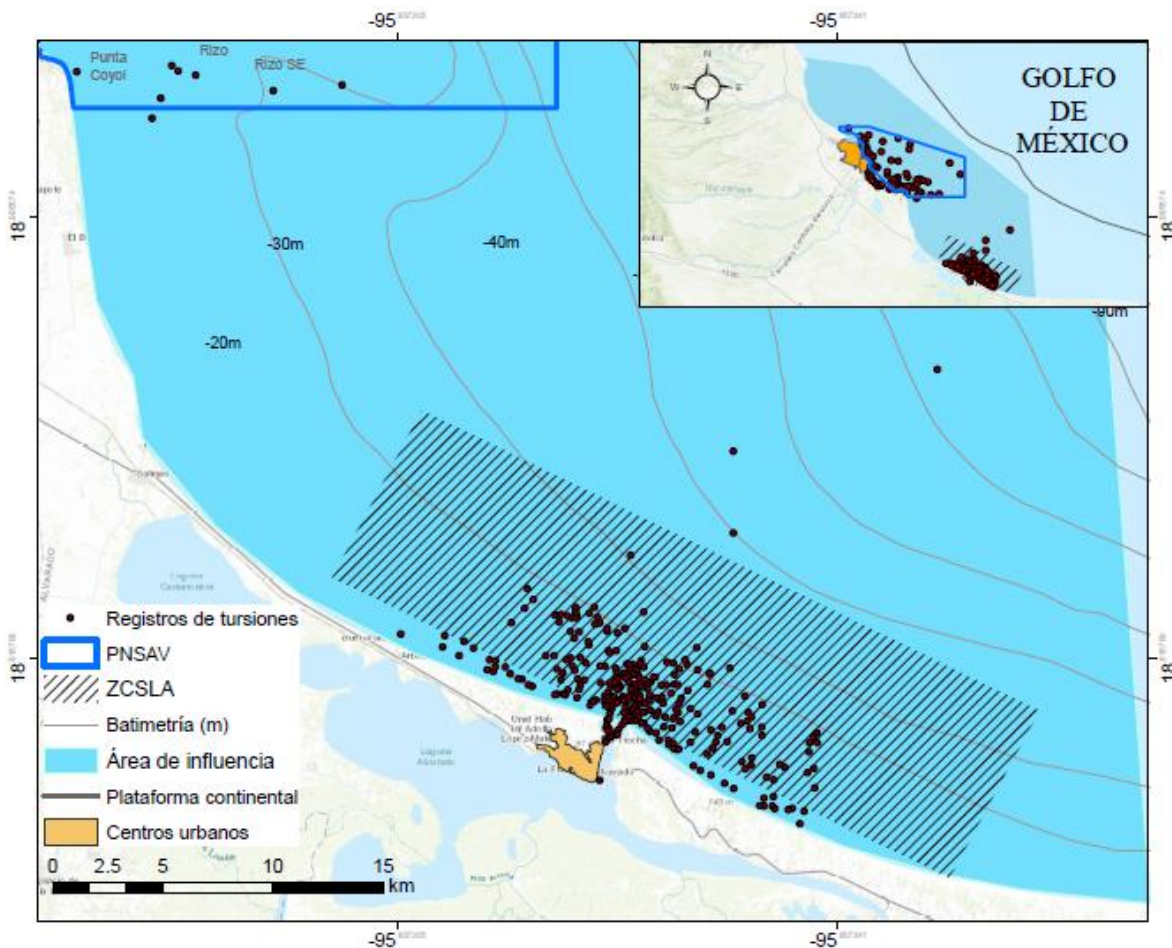


Figura 5. Registros de *T. truncatus* en la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA) en la Costa Central de Veracruz (CCV).

VIII.1.2. Evaluación del tamaño relativo de la distribución

VIII.1.2.1. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

El resultado del cálculo de la superficie marina del área de influencia del PNSAV fue de 3,080.65 km², mientras que la superficie del espacio “M” para el PNSAV fue de 1,388.93 km². La superficie calculada del área potencial de distribución para dicha subpoblación fue de 588.61 km², la cual representa el 42% de distribución probable con respecto al espacio “M” (Figura 6).

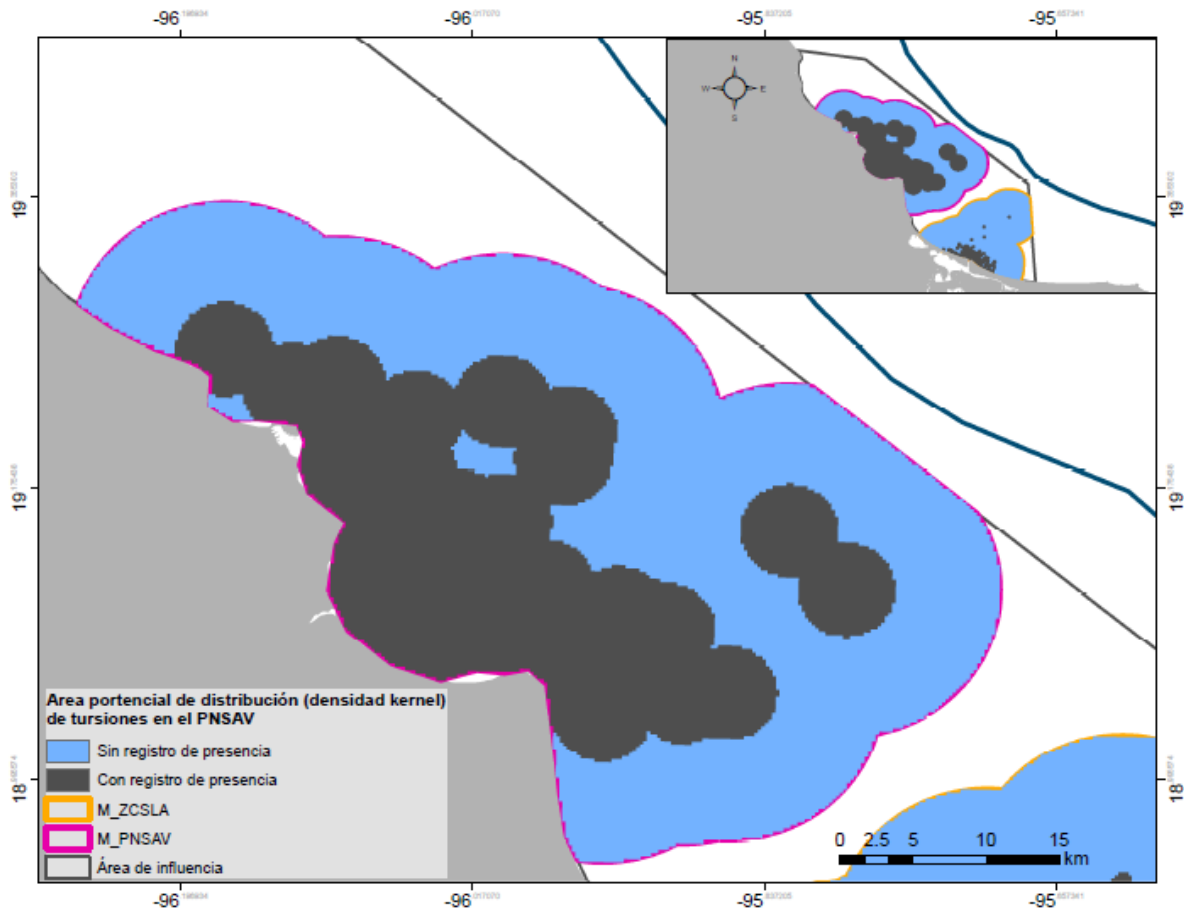


Figura 6. Área potencial de distribución (densidad Kernel) de la subpoblación de *T. truncatus* en el PNSAV en la Costa Central de Veracruz (CCV).

De acuerdo con la distribución probable para la subpoblación del PNSAV (42%) con respecto al espacio “M”, el Criterio A es evaluado con la puntuación de 1 por ser considerada ampliamente distribuida o muy amplia, pues su ámbito de distribución es mayor a 40% del espacio “M”.

VIII.1.2.2. Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

El cálculo de la superficie del espacio “M” para la ZCSLA fue de 769.76 km². La superficie calculada del área potencial de distribución para dicha subpoblación fue de 81.55 km², la cual representa el 10.6% de distribución probable con respecto al espacio “M” (Figura 7).

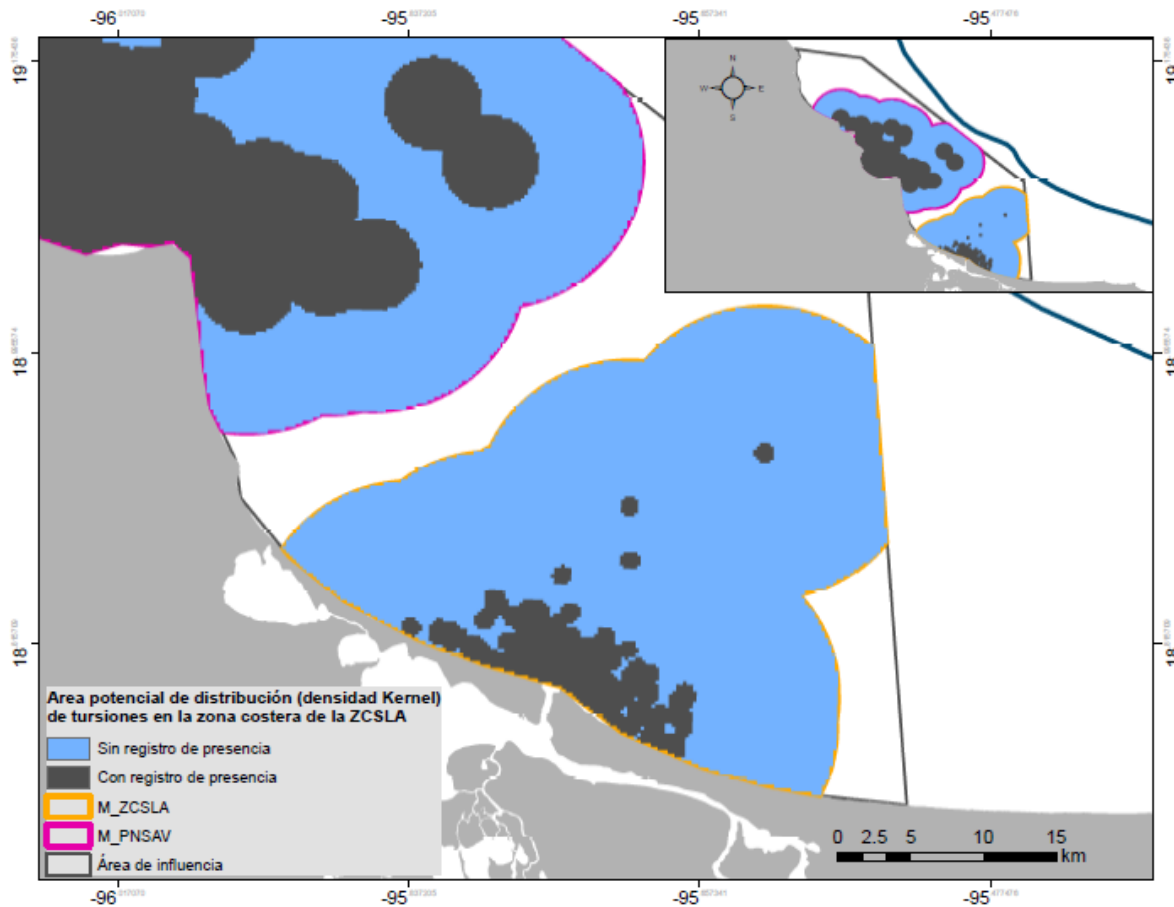


Figura 7. Área potencial de distribución (densidad Kernel) de la subpoblación de *T. truncatus* en la ZCSLA en la Costa Central de Veracruz (CCV).

De acuerdo con la distribución probable para la subpoblación de la ZCSLA (10%) con respecto al espacio “M”, el Criterio A es evaluado con la puntuación de 3 por presentar una distribución restringida, pues su ámbito de distribución es ≥ 5 y $\leq 15\%$ del espacio “M”.

VIII.2. Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural de *T. truncatus* en la Costa Central de Veracruz

VIII.2.1. Antecedentes (tipo de hábitat que ocupa *T. truncatus*)

Las variables ambientales más importantes que determinan la presencia de los tursiones son la temperatura, la salinidad, la profundidad, el tipo de sedimento, la distancia a la costa, y la clorofila-*a* (Morteo *et al.*, 2004; Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016; Nah-Balam *et al.*, 2021), de las cuales la salinidad se ha encontrado ser de gran relevancia en función del rango de tolerancia a las bajas concentraciones (Booth y Thomas, 2021). Los valores donde normalmente se encuentran los tursiones oscila entre 20 – 35 psu (Booth y Thomas, 2021);

Mintzer y Fazioli, 2021), pudiendo verse afectados por fenómenos como huracanes y tormentas, ya que hay registros de 0 – 5 psu después de dichos fenómenos, así como registros de individuos fuera de su hábitat (Rosel y Watts, 2007; Booth y Thomas, 2021).

La distribución de los tursiones costeros, se da normalmente en aguas someras de entre 0.5 y 20 m de profundidad con baja visibilidad y de fondos arenosos, asociados con áreas de alta productividad primaria como las desembocaduras de ríos y lagunas costeras, o arrecifes, mostrando patrones de movimiento limitados (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016; Bonneville *et al.*, 2021), con conductas sociales y descanso asociadas a temperaturas entre los 16 y 20 °C, mientras que la alimentación se relaciona con las variables de visibilidad (<2.5 m) y salinidad (27.5 – 30 psu), y la actividad de tránsito con las variables de color del mar (>15 en la escala de Forel-Ule), distancia a la costa (>1 km) y pendiente (>4°) (Escobar-Lazcano, 2019).

Para el caso del estado de Veracruz, en la costa norte que abarca Nautla, Tamiahua y Tuxpan, se ha observado que la distribución de los tursiones es homogénea, distribuyéndose en zonas ≤ 10 km de la costa y a una profundidad ≤ 20 m, con un ámbito hogareño de $1,199 \pm 143$ km², modificando el área núcleo durante el cambio de temporadas, siendo la temporada de Lluvias donde se restringe a áreas cerca de las desembocaduras de los ríos (Martínez-Serrano *et al.*, 2011; Valdés-Arellanes *et al.*, 2011).

VIII.2.1.1. Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

El PNSAV, está clasificado como un sistema semi-abierto caracterizado por la presencia de arrecifes coralinos e islas (Ortiz-Lozano *et al.*, 2012). El uso de hábitat de los tursiones para ésta ANP es de 111 km², que representa el 16.9% del área total (522 km²); donde el mayor uso de área se encuentra a 2.6 km del muelle de la Armada de México (Escobar-Lazcano, 2019).

En cuanto a las características ambientales, se ha observado que la subpoblación de tursiones del PNSAV lleva a cabo su actividad de alimentación en profundidades altas (39 – 58 m), mientras que su desplazamiento lo realizan en los tres rangos de profundidad (alta, media y baja; 39 – 58, 20 – 38.9; 1 – 19.9 m, respectivamente), el descanso lo llevan a cabo

en profundidades bajas (1 – 19.9 m), y tanto sus interacciones sociales como la actividad de viaje, las realizan en profundidades medias y bajas (Escobar-Lazcano, 2019).

De los ocho tipos de fondo que existen en el PNSAV (arena, arena-concha, arena-lodo, arena-lodo-concha, concha, concha-lodo, concha-coral, coral) los tursiones pasan un mayor tiempo desplazándose en fondos de combinación arena-lodo-concha, su alimentación la pueden realizar en los ocho tipos de fondo, con una preferencia por el fondo concha-lodo. Mientras que la actividad de descanso de los tursiones se tiene registrada para el fondo combinado de arena-lodo y las actividades sociales y de viaje en fondos de arena (Escobar-Lazcano, 2019).

En cuanto a la distancia a la costa, los tursiones se alimentan preferentemente en distancias medias (9 – 17.9 km), al igual que la actividad de descanso; mientras que su desplazamiento y actividad de viaje lo realizan en distancias alejadas a la costa (18 – 26 km) y la socialización la llevan a cabo en áreas más cercanas (0 – 8.9 km; Escobar-Lazcano, 2019).

VIII.2.1.2. Subpoblación de Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

La ZCSLA, representa un hábitat costero abierto, es decir que no presenta barreras físicas y que existe conexión e intercambio directo de agua (Sumich, 1992). Se caracteriza por aguas someras (~20 m) con una temperatura superficial del agua con promedio anual de 27 °C. El uso de hábitat de los tursiones para esta comunidad es de 91.9 km² (García-Aguilar, 2020).

La presencia de tursiones se han registrado en temperaturas que oscilan entre 25 – 26 °C, con una salinidad de 35 psu y valores bajos de Clorofila-*a* (5 – 6 mg m⁻³; Martínez-Mendoza, 2022).

VIII.2.2. Análisis diagnóstico del estado actual del hábitat

Con base en los valores reportados por Martínez-Mendoza (2022) sobre el perfil ecológico del nicho, la subpoblación del PNSAV se encontró en profundidades promedio de 15.5 ± 11.4 m (1 – 55 m), un promedio de 3.7 ± 4.2 km de la costa (Máximo= 22 km), una pendiente promedio de 0.3 ± 0.2° (0 – 0.7°) a temperaturas entre 25.3 – 26.6 °C, salinidades

promedio de 36.0 ± 0.01 psu ($35.9 - 36.0$ psu) y niveles de Clorofila-*a* promedio de 3.6 ± 2.7 mg m⁻³ ($-1 - 10.1$ mg m⁻³).

Mientras que la subpoblación de la ZCSLA se encontró en profundidades promedio de 7.3 ± 6.3 m ($1 - 29$ m), una pendiente promedio de $0.2 \pm 0.1^\circ$ ($0 - 0.50^\circ$) a temperaturas entre $25.9 - 26.4$ °C, salinidades promedio de 35.9 ± 0.005 psu ($35.9 - 35.9$ psu) y niveles de Clorofila-*a* promedio de 6.0 ± 1.5 mg m⁻³ ($0.05 - 8.8$ mg m⁻³).

VIII.2.3. Evaluación del estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales del ecotipo costero de *Tursiops truncatus*

VIII.2.3.1. Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

Los valores de la densidad de embarcaciones para el periodo enero a noviembre de 2022 fueron de 124,826 hr km⁻² para el rango de idoneidad de hábitat de 0 y ≤ 0.25 , 728 hr km⁻² para el rango de idoneidad de hábitat de >0.25 y ≤ 0.75 . No se registró ninguna embarcación para el rango >0.75 y 1 de idoneidad de hábitat.

Por lo anterior, se le asignó el valor de 1, por lo que el estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales de la especie para la subpoblación del PNSAV es poco limitante.

VIII.2.3.2. Subpoblación de la Zona Costera del Sistema lagunar de Alvarado (ZCSLA)

Los valores de densidad de embarcaciones fueron de 5 hr km⁻² para el rango de idoneidad de hábitat de ≤ 0.25 . No se registró ninguna embarcación para los rangos >0.25 y ≤ 0.75 de idoneidad media y >0.75 y 1 de mayor idoneidad de hábitat.

Por lo anterior, se le asignó el valor de 1, por lo que el estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales de la especie para la subpoblación de la ZCSLA es poco limitante.

VIII.3. Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca de *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

VIII.3.1. Antecedentes (historia de vida del ecotipo costero de *T. truncatus*)

VIII.3.1.1. Tolerancias ambientales. Salinidad y temperatura superficial del mar

La temperatura superficial del mar es un factor potencialmente limitante para los tursiones costeros (Yates y Houser, 2008). Diversos estudios han reportado un rango de temperatura superficial del agua para los tursiones costeros que va de 10 a 32°C (Ridway y Harrison, 1999; Mintzer *et al.*, 2021), mientras que para tursiones en cautiverio la temperatura crítica inferior oscila entre 5.5 a 10.6°C (Yates y Houser, 2008). El ecotipo costero generalmente tolera este rango con cambios en el grosor de su tegumento y la conductividad de todo el cuerpo (Meagher *et al.*, 2008; Carmichael *et al.*, 2012). Este factor puede ser aún más limitante para los tursiones más pequeños (*i.e.* juveniles, crías y sus madres; Yeates y Houser, 2008; Carmichael *et al.*, 2012). Se ha reportado que las parejas madre/cría pueden encontrarse en mayor proporción durante los meses cálidos (>23 °C) en contraste con los meses fríos (<23 °C) (Mintzer *et al.*, 2021).

En la Bahía de Galveston, Moreno (2005) observó tursiones al norte de Bolivar Roads sólo en los meses de junio a agosto; donde se presentan las temperaturas anuales más cálidas (20 °C). Mintzer *et al.* (2021) reportaron que la mayoría de los tursiones costeros en la Bahía de Galveston se retiran de la bahía durante los meses más fríos, mientras que las tasas de encuentro ocurren durante los meses con las temperaturas superficiales del mar más cálidas (>23 °C).

Ahora bien, la salinidad en la que se encuentran típicamente los tursiones oscila entre 20 – 35 psu (Mínimo 20 psu) lo cual ha sido recomendado para los tursiones alojados en acuarios (Booth *et al.*, 2021). Mintzer *et al.* (2021) reportaron que durante los periodos de baja salinidad (*i.e.*, cuando la salinidad descendió debajo de 8 – 11 psu) debido a eventos climáticos (inundación en 2016, huracán Harvey en 2017 y precipitación torrencial en 2019) las tasas de encuentro disminuyeron, sin importar la temperatura superficial del mar, regresando a la Bahía de Galveston una vez que los niveles de salinidad incrementaron.

Se ha observado que algunos tursiones de la Bahía de Barataria, en el norte del Golfo de México, se encuentran con salinidades que oscilan entre 1.6 y 32.0 psu, pasando entre 1 y 12 días consecutivos en salinidades inferiores a 8 psu (Hornsby *et al.*, 2017).

Varios estudios han documentado cambios epidérmicos y bioquímicos asociados con la exposición prolongada a una baja salinidad (tanto en tursiones en vida libre como varados), incluyendo lesiones cutáneas, desequilibrio electrolítico, infección microbiana y muerte (McClain, 2020), además de un ambiente perturbado para las presas, afectando la búsqueda de alimento (Booth *et al.*, 2021).

VIII.3.1.2. *Parámetros demográficos y estrategia reproductiva*

El ecotipo costero de *T. truncatus* suele presentar agrupaciones pequeñas (<25 individuos), migraciones estacionales, residencia periódica y ámbito hogareño anual (Martínez-Serrano *et al.*, 2011). Se ha reportado que los patrones de movimientos de las poblaciones de estos organismos en las costas de Veracruz suelen asociarse con las variaciones ambientales; y su distribución, abundancia y residencia se deben principalmente a la alta disponibilidad de alimento (García-Vital *et al.*, 2015; Morteo *et al.*, 2017).

En el Golfo de California, Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso (2015) reportaron la mayor abundancia relativa de tursiones (18.5 tursiones h⁻¹) en primavera, asociada con zonas productivas debido a la formación de surgencias costeras. En Bahía de Banderas, la mayor densidad de tursiones reportada fue en verano (0.28 tursiones km⁻²), asociado con eventos de alimentación, así como de reproducción (Cerrillo-Espinosa & Barraza-Figueroa, 2007).

El ciclo reproductivo del tursión es el más conocido comparando con otros cetáceos, donde la edad a la que alcanzan la madurez sexual varía con el sexo y la región geográfica; en vida libre las hembras la alcanzan entre los 5 y 13 años, mientras que los machos lo hacen entre los 8 a 13 años (Ronzón-Contreras, 2018).

La gestación de esta especie dura aproximadamente un año, y suelen tener un intervalo de descanso de tres años entre cada nacimiento (Wells y Scott, 2009). El nacimiento de las crías se encuentra vinculado con temperaturas cálidas en el agua, por ello las hembras se encuentran en aguas más profundas durante verano y otoño, mientras que en invierno y primavera se encuentran más expuestas a las aguas costeras (Smith *et al.*, 2016). El periodo de lactancia llega a prolongarse hasta los 18 meses, aunque las crías acompañan a su madre por varios años (Wells y Scott, 2009).

Se ha observado que la actividad máxima en sesiones de alimentación de los tursiones coincide con la actividad máxima de reproducción con hembras de media edad, maximizando su eficiencia en alimentación y teniendo la mayor probabilidad de lactar (Weiss, 2006). De esta forma, la alimentación exitosa es necesaria para proveer energía para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción (Aguilar-Badillo, 2019).

Henderson *et al.* (2014) encontraron que las condiciones generales en las que nace la cría y la habilidad de su madre para proveerla tienen un importante papel para su sobrevivencia. Existen reportes de un decremento en la supervivencia de las crías relacionado con las bajas temperaturas, ya que se excede la tolerancia fisiológica de los recién nacidos cuyo cuerpo pequeño los hace térmicamente más vulnerables (Henderson *et al.*, 2014).

VIII.3.1.3. Interacciones interespecíficas. Presas

La variación de los patrones poblacionales de los tursiones está asociada con los cambios oceanográficos y estacionales que modifican las características del hábitat y por ende la disponibilidad de alimento en el sitio (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016); este último, es un factor importante ya que puede regular la distribución de los cetáceos (Zepeda-Borja, 2017). Es probable que la migración de las presas sea un importante mecanismo subyacente a los patrones anuales de los tursiones costeros relacionados con las fluctuaciones de temperatura (Mintzer *et al.*, 2021).

Las diferencias de alimentación entre los tursiones costeros y oceánicos se deben a que sus presas provienen de diferentes ecosistemas. El ecotipo costero aprovecha las poblaciones de presas locales (Díaz-Gamboa, 2004) en lugares de alta productividad como las descargas de ríos, zonas estuarinas y áreas de surgencia (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016).

Los tursiones costeros han desarrollado una estrategia de alimentación en la que se mueven en contra de la corriente de marea permaneciendo en el borde entre aguas con diferente visibilidad para facilitar la captura de sus presas, y de esta forma maximizan la detección y la captura (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016). Su dieta se compone principalmente de peces, sólo algunas familias taxonómicas (*e.g.* Batrachoididae,

Sciaenidae, Sparidae, Elopidae), lo que indica preferencia hacia determinadas especies (Zepeda-Borja, 2017).

VIII.3.2. Análisis diagnóstico del estado actual de *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

VIII.3.2.1. Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

Tolerancias ambientales. Salinidad y temperatura superficial del mar

No se encontraron antecedentes sobre el estudio de las tolerancias ambientales (salinidad y temperatura superficial del mar) de los tursiones para esta subpoblación. En este sentido, se utilizaron los valores derivados del análisis descriptivo de la dimensión o perfil ecológico del nicho de *T. truncatus* en el PNSAV, publicados por Martínez-Mendoza (2022), para la temperatura (25 – 26.6°C) y salinidad (36 psu).

Parámetros demográficos y estrategia reproductiva

Debido a la baja fidelidad promedio al sitio (0.12) se considera como una población abierta, ya que constantemente entran y salen animales de la zona (Maze y Würsig, 1999; Morteo, 2011; Ruíz-Hernández, 2014; Morteo *et al.*, 2015), y los datos sobre la permanencia indican que el 59% de los tursiones permanecen en el área durante diferentes periodos, es decir son residentes; donde la mayoría (63.6%) no tienen un patrón estacional (Ruíz-Hernández, 2014) y se desplazan en un área mayor al ANP (baja asiduidad y amplio ámbito hogareño), por lo que no regresan frecuentemente, indicando que el PNSAV no representa un sitio preferido para las actividades de esta subpoblación (Ruíz-Hernández, 2014; Morteo *et al.*, 2015).

La abundancia absoluta mensual promedio de la subpoblación del PNSAV es de 55 tursiones, con valores promedio más altos durante los meses de la temporada de Lluvias; cifra que se encuentra por debajo de otros sitios considerados zonas de alimentación en las costas de Veracruz (*e.g.* tursiones de Alvarado: abundancia absoluta de 106 ± 25 ; tursiones de zona norte de Veracruz (Tamiahua y Tuxpan): abundancia absoluta de 302 ± 113 ; Morteo, 2011; Valdes-Arellanes *et al.*, 2011; Morteo *et al.*, 2015). El promedio diario de la abundancia relativa (IAR) para este sitio es de 1.36 tursiones h^{-1} , (Morteo *et al.*, 2015; Hernández-Candelario *et al.*, 2015), lo que refleja un bajo uso del área en comparación con

otros sitios en el estado de Veracruz, como Tamiahua (IAR= 4.4 tursiones·h⁻¹ durante dos años) (Heckel 1992; Schramm 1993), y Alvarado (3.5 tursiones h⁻¹ durante un año) (Del Castillo- Olvera 2010; Morteo *et al.*, 2019).

Diversos estudios (Ruíz-Hernández, 2014; Morteo *et al.*, 2015) han reportado un continuo ingreso de tursiones nuevos hacia el PNSAV, sobre todo en la temporada de Lluvias (julio-octubre), atribuible al aumento en la productividad y en el área de influencia de las aguas pluviales en la costa durante esta temporada, lo cual promueve cambios temporales en la distribución del alimento.

A pesar de su cercanía con la subpoblación de la ZCSLA, los tursiones del PNSAV guardan un intercambio bajo de individuos (1.13% de un total de 264 tursiones individualizados), dando indicios de la existencia de algún tipo de barrera no física, como una barrera social que está limitando los movimientos de los tursiones (Ruíz-Hernández, 2014). Respecto a la temporada de gestación no se encontraron datos disponibles.

Interacciones interespecíficas. Presas

Escobar-Lazcano (2019) reportó los patrones de actividad de los tursiones en el PNSAV, donde la alimentación fue la actividad predominante, o en la que más tiempo invirtieron (44.37% ó 634 min), seguida del desplazamiento (28%), con un coeficiente de uso de área (CUA) promedio de 0.0090 min, indicando que los tursiones tienen sitios muy puntuales para llevar a cabo esta actividad.

La actividad de alimentación de los tursiones es predominante en la temporada de Lluvias (4.85 ± 0.77 min), seguido de la temporada de Secas (2.38 ± 0.43 min) y por último la temporada de Nortes (2.35 ± 0.54min) (Escobar-Lazcano, 2019).

Durante la temporada de Lluvias, los tursiones llevan a cabo la alimentación principalmente en la zona contigua a la desembocadura del río Jamapa y del arrecife Blanca, mientras que en la época de Nortes la llevan a cabo en los arrecifes del sur (Blanca y Rizo) y en la zona norte del PNSAV, en las inmediaciones del muelle de la Marina de México y la isla de Sacrificios (Escobar-Lazcano, 2019).

En esta zona de estudio (PNSAV) las presas reportadas para los tursiones son, jurel común (*Caranx hippos*), peto (*Scomberomorus cavalla*), sierra (*Scomberomorus maculatus*), ronco (*Conodon nobilis*), chac-chi (*Haemulon plumierii*), villajaiba (*Lutjanus synagris*), cojinuda (*Caranx crysos*), huachinango cola amarilla (*Lutjanus vivanus*),

huachinango común (*Lutjanus campechanus*), pampano amarillo (*Trachinotus carolinus*), rubia (*Ocyurus chrysurus*), burriquete (*Anisotremus surinamensis*), lebrancha (*Mugil curema*), cochino (*Aluterus monoceros*), corvina arenera (*Cynoscion arenarius*), mojarra blanca (*Gerres cinereus*) (Morteo *et al.*, 2015, Rechimont *et al.*, 2018).

VIII.3.2.2. Subpoblación de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado

Tolerancias ambientales. Salinidad y temperatura superficial del mar

No se encontraron antecedentes sobre el estudio de las tolerancias ambientales (salinidad y temperatura superficial del mar) para esta subpoblación de tursiones. En este sentido, se utilizaron los valores derivados del análisis descriptivo de la dimensión o perfil ecológico del nicho de *T. truncatus* en la ZCSLA, publicados por Martínez-Mendoza (2022), que comprende un rango de temperatura de 25.8 – 26.4°C y una salinidad de 35 psu.

Parámetros demográficos y estrategia reproductiva

En la subpoblación de la ZCSLA, existe una comunidad núcleo de individuos residentes que, ocasionalmente, recibe una afluencia de individuos procedentes de aguas vecinas, sin tendencia estacional aparente, el cual se comporta en gran medida como una población cerrada (Bolaños *et al.*, 2021).

Esta subpoblación tiene una alta fidelidad al sitio, cuyos patrones se han clasificado como transitorios (31%), visitantes estacionales (41%) o residentes todo el año (27%) (Del Castillo, 2010; Morteo, 2011; Bolaños *et al.*, 2021).

La tasa de incorporación de nuevos individuos a la ZCSLA es baja a mediano y largo plazo y se presenta en las temporadas de Lluvias y Secas, probablemente por la alta productividad ya que aprovechan el recurso alimenticio (Morteo y Hernández-Candelario, 2007; Morteo, 2011); dicha tasa de incorporación se presume es baja debido a una marcada estructura social en la subpoblación (Ruiz-Hernández, 2014; Morteo *et al.*, 2019; Bolaños *et al.*, 2021).

El promedio diario de la abundancia relativa para este sitio es de 3.5 tursiones h⁻¹, con mayor abundancia relativa durante la temporada de Lluvias y una disminución durante la temporada de Nortes (Morteo *et al.*, 2019).

Ruíz-Hernández (2014) y Morteo *et al.* (2019) registraron un intercambio limitado de individuos entre las aguas de la ZCSLA con el PNSAV (3 individuos) y con Nautla (12 individuos) para lo cual los tursiones necesitan viajar al menos 100 y 230 km, respectivamente, pudiendo implicar la existencia de una metapoblación (*i.e.*, subunidades abiertas con núcleos de individuos fieles a sitios provistos de recursos)

En la subpoblación de la ZCSLA, la supervivencia aparente durante los primeros 3 años es de 0.80 – 0.81, con una mortalidad potencial del 13% durante el primer año para las crías (Aguilar-Badillo, 2019). El periodo de dependencia es de 2.6 años durante su desarrollo, el cual guarda cierta relación con el cambio ontogénico de la dieta de los tursiones (Aguilar-Badillo, 2019; Mendoza-Martínez, 2019).

Los neonatos presentan una mayor abundancia relativa en la temporada de Nortes (IAR= 0.2 neonatos $\cdot h^{-1}$), por lo que, en función de la transición a la siguiente etapa de desarrollo, las crías tienen una mayor abundancia relativa en la temporada de Secas (Aguilar-Badillo, 2019). De acuerdo con Aguilar-Badillo (2019), las condiciones del hábitat en la ZCSLA no son del todo adecuadas para la permanencia de las hembras con sus neonatos por largos periodos de tiempo, por lo que conforme las crías van adquiriendo independencia, las hembras tienen una mayor permanencia en la ZCSLA, incrementando la abundancia relativa en esta zona conforme aumenta la edad (Aguilar-Badillo, 2019).

Interacciones interespecíficas. Presas

La actividad de alimentación es la registrada con mayor frecuencia en la ZCSLA con una densidad de avistamiento de 6.48 av km^{-2} , realizando dicha actividad en un área de 73.30 km^2 justo enfrente de la desembocadura de la laguna, lo cual representa un área reducida en comparación con otro tipo de actividades cuya distribución del uso tiene una mayor extensión (*i.e.*, descanso= 99.42 km^2 , lúdico= 107.23 km^2 , evasión= 109.70 km^2) (García-Aguilar, 2020). La desembocadura de la laguna de Alvarado es una zona clave, actuando como polo de atracción para los tursiones debido a sus condiciones físicas, químicas y biológicas asociadas a la alimentación de los tursiones (García-Aguilar, 2020).

La proporción de grupos en alimentación de tursiones en esta zona aumenta durante la temporada de Lluvias (julio-octubre), la cual se caracteriza por una alta productividad primaria así como mayor abundancia de especies con niveles tróficos superiores, que

implica la disponibilidad de presas potenciales, y en consecuencia mayor captura, riqueza, diversidad y biomasa de peces (García, 2022), y la temporada de Secas (marzo-junio), donde el escurrimiento de aguas continentales permite la incursión de peces marinos hacia la laguna, donde encuentran protección y pueden reproducirse (Morteo, 2011; Ronzón-Contreras, 2018).

Las presas potenciales identificadas en la ZCSLA son: jurel común (*Caranx hippos*), peto (*Scomberomorus cavalla*), sierra (*Scomberomorus maculatus*), ronco (*Conodon nobilis*), chac-chi (*Haemulon plumierii*), villajaiba (*Lutjanus synagris*), cojinuda (*Caranx crysos*), huachinango cola amarilla (*Lutjanus vivanus*), huachinango común (*Lutjanus campechanus*), pampano amarillo (*Trachinotus carolinus*), rubia (*Ocyurus chrysurus*), lisa (*Mugil cephalus*), mojarra blanca (*Gerres cinereus*) (Rechimont, *et al.* 2018). El consumo potencial mensual de los tursiones para esta zona no rebasa una tonelada y media (0.41 t para los jóvenes y de 0.75 t para los tursiones adultos; García, 2022)

VIII.3.3. Evaluación de qué factores lo hacen vulnerable

VIII.3.3.1. Tolerancias o umbrales ambientales

Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

De acuerdo con los valores reportados por Martínez-Mendoza (2022), para la subpoblación del PNSAV sobre la temperatura superficial del mar (25 – 26.6°C) y salinidad promedio (36 psu), la evaluación del grado de vulnerabilidad de los tursiones en cuanto a su tolerancia ambiental, tuvo un valor de 1, es decir, presenta un grado “bajo” de vulnerabilidad actual.

Subpoblación de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

De acuerdo con los valores reportados por Martínez-Mendoza (2022) para la subpoblación de la ZCSLA sobre la temperatura superficial del mar (25.8 – 26.4°C) y salinidad promedio (35 psu), la evaluación del grado de vulnerabilidad de los tursiones en cuanto sus tolerancias ambientales, presentó un valor de 1, es decir, tiene un grado “bajo” de vulnerabilidad actual.

VIII.3.3.2. Dependencia de desencadenantes ambientales que puedan ser interrumpidos o modificados por cambios en los factores externos (e.g. cambio climático)

Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

De acuerdo con el análisis diagnóstico del estado actual de los tursiones en el PNSAV, la abundancia relativa reportada (1.36 tursiones h^{-1}) varía en función de la temporada del año, aumentando en los meses de la temporada de Lluvias. Sin embargo, no se cuenta con datos sobre la abundancia relativa de crías en esta zona, por lo que se le otorgó un valor de 2 de acuerdo con las gradaciones propuestas, obteniendo un grado de vulnerabilidad “moderado” relacionado con la dependencia de sus procesos esenciales con desencadenantes ambientales.

Subpoblación de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

De acuerdo con el análisis diagnóstico del estado actual de los tursiones en la ZCSLA, la abundancia relativa reportada (3.5 tursiones h^{-1}) varía en función la temporada del año, aumentando en los meses de la temporada de Lluvias y disminuyendo en la temporada de Nortes.

Asimismo, la abundancia relativa de los neonatos y crías sufre una variación en función de la temporada del año (Nortes y Secas), por lo que se otorgó un valor de 3 de acuerdo las gradaciones propuestas, obteniendo un grado de vulnerabilidad “alto” relacionado con la dependencia de sus procesos esenciales con desencadenantes ambientales como son las temporadas del año.

VIII.3.3.3. Dependencia de interacciones interespecíficas susceptibles de sufrir perturbaciones

Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

De acuerdo con el análisis diagnóstico del estado actual de los tursiones en el PNSAV, la riqueza taxonómica reportada es 16 especies de presas potenciales, por lo que en esta zona los tursiones presentan actividades de alimentación, siendo ésta la actividad predominante en función del tiempo invertido por los tursiones (44.37%, $n=634$ min), con sitios puntuales para realizar dicha actividad (desembocadura del río Jamapa, arrecife Blanca, Rizo, inmediaciones del muelle de la Marina de México y la isla de Sacrificios).

En función de los parámetros descritos, se obtuvo una puntuación de 3, con un grado de vulnerabilidad “alto” en relación con la dependencia de su interacción con sus presas.

Subpoblación de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

De acuerdo con el análisis diagnóstico del estado actual de los tursiones en la ZCSLA, la riqueza taxonómica reportada es 13 especies de presas potenciales, y se ha observado que la alimentación es la actividad predominante en función la densidad de avistamiento (6.48 av km⁻²), en un área de 73.3 km² justo enfrente de la desembocadura de la laguna de Alvarado.

En función de los parámetros descritos, se obtuvo una puntuación de 3, con un grado de vulnerabilidad “alto” con relación a la dependencia de su interacción con sus presas.

VIII.3.3.4. Indicador de Vulnerabilidad de Especies

Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

El indicador de vulnerabilidad de especies para la subpoblación del PNSAV tiene un valor de 2 (Tabla 8).

En función de este resultado la subpoblación de *T. truncatus* para este sitio presenta una vulnerabilidad media.

Tabla 8. Valores por criterio evaluación para la subpoblación de <i>T. truncatus</i> en el PNSAV	
Criterio	Valor
Tolerancias o umbrales ambientales	1
Dependencia de desencadenantes ambientales que puedan ser interrumpidos o modificados por cambios en los factores externos	2
Dependencia de interacciones interespecíficas susceptibles de sufrir perturbaciones	3

Subpoblación de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

El indicador de vulnerabilidad de especies para la subpoblación la ZCSLA tiene un valor de 2.3 (Tabla 9).

En función de este resultado la subpoblación de *T. truncatus* para este sitio presenta una vulnerabilidad media.

Tabla 9. Valores por criterio evaluación para la subpoblación de *T. truncatus* en la ZCSLA

Criterio	Valor
Tolerancias o umbrales ambientales	1
Dependencia de desencadenantes ambientales que puedan ser interrumpidos o modificados por cambios en los factores externos	3
Dependencia de interacciones interespecíficas susceptibles de sufrir perturbaciones	3

VIII.4. Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

VIII.2.1. Factores de riesgo reales y potenciales con la importancia relativa de cada uno de ellos

VIII.2.1.1. Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

El valor calculado para la Importancia del impacto ambiental (I) de la densidad de embarcaciones como factor de riesgo real y potencial para la subpoblación de tursiones del PNSAV fue de 53, el cual es considerado como *severo* en función de los rangos establecidos por el modelo (Tabla 10).

Tabla 10. Matriz de evaluación de la importancia del impacto ambiental (I) de la densidad de embarcaciones para la subpoblación de *T. truncatus* en el PNSAV

NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I
(-)	8	4	4	2	2	2	1	4	4	2	53

Nota: IN (*Intensidad*), EX (*Extensión*), MO (*Momento*), PE (*Persistencia*), RV (*Reversibilidad*), SI (*Sinergia*), AC (*Acumulación*), EF (*Efecto*), PR (*Periodicidad*), MC (*Recuperabilidad*), I (*Importancia*).

VIII.2.1.2. Subpoblación de la Zona Costera del Sistema lagunar de Alvarado (ZCSLA)

El valor calculado para la Importancia del impacto ambiental (I) de la densidad de embarcaciones como factor de riesgo real y potencial para la subpoblación de tursiones de la ZCSLA fue de 54, el cual es considerado como *severo* en función de los rangos establecidos por el modelo (Tabla 11).

Tabla II. Matriz de evaluación de la importancia del impacto ambiental (I) de la densidad de embarcaciones para la subpoblación de *T. truncatus* en la ZCSLA

NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I
(-)	2	12	4	2	2	2	4	4	4	2	54

Nota: IN (Intensidad), EX (Extensión), MO (Momento), PE (Persistencia), RV (Reversibilidad), SI (Sinergia), AC (Acumulación), EF (Efecto), PR (Periodicidad), MC (Recuperabilidad), I (Importancia).

VIII.2.2. Análisis pronóstico de la tendencia actualizada de *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

VIII.2.2.1. Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

La mayor densidad de embarcaciones (hr km^{-2}) se presentó para todos los años en las zonas con menor idoneidad de hábitat (valores iguales a 0) con un rango de densidades entre 44,022 y 64,580 hr km^{-2} para 2018 y 2022, respectivamente, seguido de las zonas con una idoneidad baja (valores de >0 y ≤ 4) con un rango de densidades entre 16,273 y 50,940 hr km^{-2} para 2017 y 2016 respectivamente, y finalmente las zonas con una idoneidad media de hábitat (valores de 5 y 8) con un rango de densidades entre 697 y 1,096 hr km^{-2} para 2016 y 2020, respectivamente. No hubo registros de densidad de embarcaciones en las áreas con mayor idoneidad (valores entre 9 y 12) en ningún año del periodo (Figura 8).

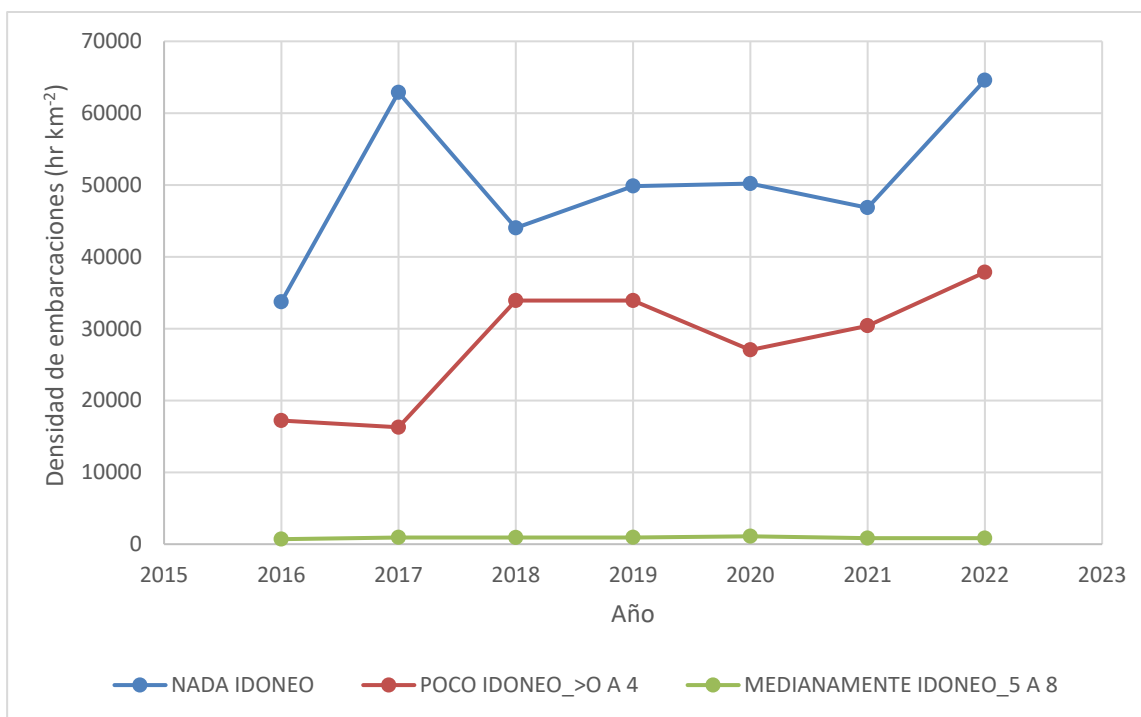


Figura 8. Densidad de embarcaciones (hr km⁻²) por año en el periodo 2016 al 2022, con respecto de las áreas de idoneidad de hábitat para los tursiones de la subpoblación del PNSAV.

VIII.2.2.2. Subpoblación de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

La mayor densidad de embarcaciones (embarc km⁻²) se presentó para todos los años en las zonas con una idoneidad de hábitat media (valores de 5 a 8) con un rango de densidades entre 180 embarc km⁻² (2010) y 502 embarc km⁻² (2006), seguido de las zonas con poca idoneidad (valores >0 y ≤4) con un rango de densidades entre 30 y 229 embarc km⁻² para 2009 y 2006, respectivamente, y finalmente las zonas con un nivel óptimo de idoneidad de hábitat (valores de 9 a 12) con un rango de densidades entre 0 y 74 embarc km⁻² para 2009 y 2006, respectivamente. Hubo un escaso registro de embarcaciones en las áreas con menor idoneidad (valores de 0) con un rango de densidades entre 0 y 13 embarc km⁻² para 2008 y 2006, respectivamente (Figura 9).

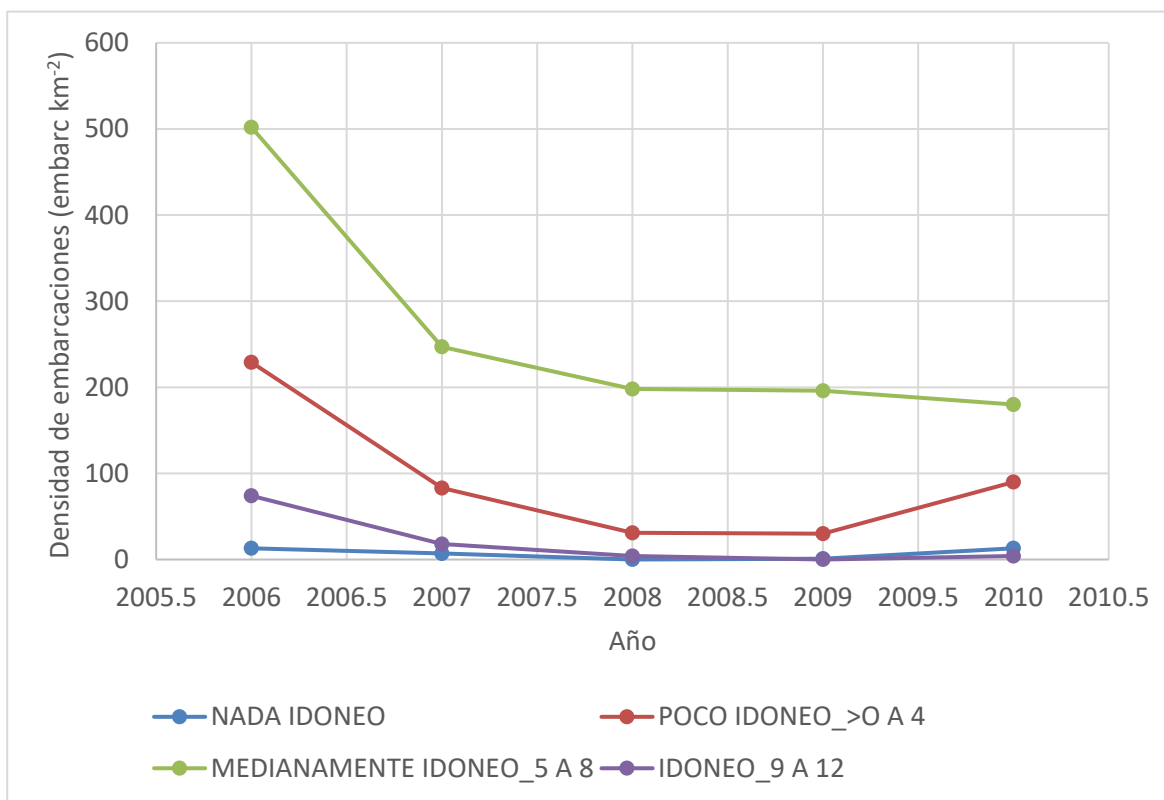


Figura 9. Densidad de embarcaciones (embarc km⁻²) por año en el periodo 2006 al 2010, con respecto de las áreas de idoneidad de hábitat para los tursiones de la subpoblación de la ZCSLA.

VIII.2.3. Evaluación del impacto sobre *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

VIII.2.3.1. Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

Las zonas con mayor densidad de embarcaciones para el periodo 2016 – 2022 corresponden a las de un hábitat poco idóneo (valores de 0 a 4), registrando una densidad total de embarcaciones de 292,685 hr km⁻².

Las zonas con una idoneidad de hábitat media (valores de 5 a 8) registraron una densidad de embarcaciones de 5,325 hr km⁻², mientras que las áreas con mayor idoneidad de hábitat (valores de 9 a 12) no presentaron presencia de embarcaciones.

Por lo anterior, se asignó el valor de 2, correspondiente a un bajo impacto de la actividad humana sobre la subpoblación de tursiones en el PNSAV.

VIII.2.3.2. Subpoblación de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

Las zonas con mayor densidad de embarcaciones para el periodo 2016 – 2010 corresponden a las de un hábitat medianamente idóneo (valores de 5 a 8), registrando una densidad total de embarcaciones de 193 embarc km⁻².

Las zonas con una baja idoneidad de hábitat (valores de 0 a 4) registraron una densidad de embarcaciones de 78 embarc km⁻², mientras que las áreas con mayor idoneidad de hábitat (valores de 9 a 12) presentaron una densidad de 23 embarc km⁻².

Por lo anterior, se asignó el valor de 3, correspondiente a un impacto medio de la actividad humana sobre la subpoblación de tursiones en el PNSAV.

VIII.5. Obtención del valor final para *Tursiops truncatus* en la CCV

VIII.5.1 Subpoblación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

El valor calculado de la sumatoria de los cuatro criterios, Criterio A, Criterio B, Criterio C, Criterio D, fue de 6 puntos, el cual no entra dentro de los rangos establecidos por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F, 2019) para ser categorizada como especie en Peligro de extinción (P) o Amenazada (A).

VIII.5.2 Subpoblación de la Zona Costera del Sistema Lagunar de Alvarado (ZCSLA)

El valor calculado de la sumatoria de los cuatro criterios, Criterio A, Criterio B, Criterio C, Criterio D, fue de 9 puntos, el cual no entra dentro de los rangos establecidos por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F, 2019) para ser categorizada especie en Peligro de extinción (P) o Amenazada (A).

VIII.5.3 Puntuación final para *Tursiops truncatus* en la Costa Central de Veracruz

El puntaje promedio del estado actual de riesgo para el ecotipo costero de *T. truncatus* en la CCV es de 7.5; puntaje fuera de los rangos establecidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F, 2019) para las categorías en Peligro de extinción (P) o Amenazada (A).

IX. Discusión

Existe un alto número de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F., 2019), cuya proporción de especies evaluadas es muy baja, y en muchos casos los criterios que fueron utilizados para determinar su inclusión y categorización se desconocen (García *et al.*, 2017; Lorenzo y González-Ruiz, 2018). Del total de taxones listados en la NOM-059-SEMARNAT-2010 sólo 34 especies (11.7%) tienen un MER que los respalde (Lorenzo y González-Ruiz, 2018). Un ejemplo de ello es el caso de los cetáceos, que fueron incorporados no porque se hubiera demostrado mediante una metodología (*e.g.*, MER) el riesgo de extinción de todas las especies incluidas que habitan en aguas mexicanas, sino porque el gobierno mexicano las considera de especial interés para fortalecer medidas de ordenamiento pesquero y por los tratados internacionales que México ha firmado para su protección (SEMARNAT, 2002). Lo anterior, sugiere que existe información insuficiente de la mayoría de las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 que sustente su inclusión en la misma, lo cual contraviene lo establecido en su inciso 8.7 el cual indica que “la determinación de la inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo de las especies propuestas quedará a cargo de la SEMARNAT”.

El resultado obtenido para el estado actual de riesgo para el ecotipo costero de *T. truncatus* en la CCV no es comparable con bibliografía existente, ya que es el primer acercamiento de la aplicación del MER para esta especie. Sin embargo coincide con la categoría establecida para los tursiones a nivel global por la Lista Roja de la IUCN (Wells *et al.*, 2019) como especie de *menor preocupación*.

El puntaje para ambas subpoblaciones resultó estar por debajo de los intervalos establecidos por la NOM-059-SEMARNAT-2010 para su categorización como riesgo en Peligro de extinción (P) y Amenazada (A). En este sentido, los resultados obtenidos para

cada criterio y a nivel global para la evaluación del grado de riesgo de *T. truncatus* fueron con base en la mejor información disponible, encontrando algunas deficiencias tanto en la existencia de datos (*e.g.* parámetros poblacionales, umbrales ambientales) como para su acceso, como se describe más adelante.

Sin embargo, existen varias subpoblaciones de tursiones costeros en el mundo que han sido clasificados como *En peligro crítico*, *Vulnerable* y *en Peligro* bajo los criterios de la Lista Roja de la IUCN, como la subpoblación de Fiordland en Nueva Zelanda (Currey *et al.*, 2013) que ha sufrido una disminución de la abundancia (5.8% de descenso anual), sugiriendo el cambio de uso de hábitat registrado, la alta tasa de mortalidad de crías y un bajo reclutamiento como las causas subyacentes. Otras poblaciones residentes discretas se enfrentan a graves amenazas de diversa procedencia, como las poblaciones del Golfo de California, el Golfo de Amvrakikos o Eslovenia (Wells *et al.*, 2019).

Resulta común observar patrones de distribución muy diferentes entre poblaciones de tursiones que son distintas geográficamente, debido a las condiciones ecológicas locales y su plasticidad conductual (Wells, 1987). El área de distribución geográfica, definida como el lugar donde una especie puede ser localizada, es un atributo que presenta dificultades para su estimación (Maciel-Mata *et al.*, 2015). En este sentido, el análisis de la amplitud de la distribución de los tursiones en la CCV (Criterio A), mostró un tamaño relativo de la distribución *amplio* con respecto al polígono M (área geográfica accesible para su dispersión), para la subpoblación del PNSAV y *restringido* para la subpoblación de la ZCSLA, utilizando un enfoque estadístico no paramétrico (modelo de densidad Kernel) para definir el área potencial de distribución, el cual pudiera presentar cierta subestimación en el resultado debido a que únicamente se delimitaron las áreas de distribución de densidad probable del organismo en función de los registros de presencia, y no se muestra un área con una distribución geográfica continua.

Resulta complicado calcular con exactitud el área de distribución de una especie, en función de ser un fenómeno dinámico, es decir, toda distribución experimenta una contracción y expansión espacial a lo largo del tiempo, debido a la interacción de factores biológicos, ecológicos y biogeográficos (Zunino y Zullini, 2003). Por ello, los resultados representan una estimación momentánea, la cual debe ser considerada más como una hipótesis que como una representación precisa de la realidad (Maciel-Mata *et al.*, 2015).

El Criterio B mostró resultados similares al Criterio C en función de la información disponible para evaluarlo, que corresponde a la densidad de embarcaciones, estableciendo la diferencia en el periodo evaluado, que para el caso de este criterio fue del año 2022. Los resultados mostraron una alta densidad de embarcaciones para las áreas con baja idoneidad y ninguna embarcación registrada en áreas con alta idoneidad. Se considera conveniente crear sinergia con instituciones gubernamentales del sector de comunicaciones y transportes para la obtención de datos de rutas marítimas, de los cuales se tuvo cierta complejidad para su acceso.

La evaluación del Criterio C mostró un grado bajo de vulnerabilidad a la tolerancia o umbrales ambientales de los tursiones, en función de que los datos utilizados derivaron de una base de datos a nivel mundial, cuya naturaleza es muy generalizada, ya que no se encontraron estudios sobre los niveles de tolerancia de los tursiones para las dos subpoblaciones, por lo que se recomienda generar esta información en estudios posteriores para otorgar una mayor certeza a la evaluación de este criterio, así como ayudar a examinar sistemáticamente la amplia gama de mecanismos posibles por los cuales el cambio climático puede impactar sobre las especies, donde los enfoques correlativos, incluidos los modelos de distribución de especies que predicen por sí solos el desplazamiento del espacio climático, pueden no ser adecuados (Mintzer *et al.*, 2021).

Una de las recomendaciones de García *et al.* (2017) en cuanto a la revisión y mejora de los mecanismos utilizados para determinar la inclusión, exclusión y categorización de las especies, es incorporar la categoría *Información insuficiente* para todas aquellas especies de las cuales se carezca de la información poblacional básica y por lo que no sea posible evaluarlas con el MER; lo que sería aplicable para el Criterio C para la subpoblación del PNSAV, donde no se contó con los datos sobre la abundancia relativa de crías.

La información contenida en el Criterio D, muestra que la mayor densidad de embarcaciones en el PNSAV se presenta en las áreas de menor idoneidad de hábitat, mientras que no hubo ningún registro de embarcaciones en las áreas más idóneas para todo el periodo de estudio; lo cual puede ir en función de ciertas características ambientales que estén relacionadas con la factibilidad de tránsito marítimo seguro para las embarcaciones, las cuales tuvieron un porcentaje de contribución importante (*i.e.*, batimetría y la curvatura del perfil, 25.7 y 5.1, respectivamente) para el modelo de idoneidad de hábitat elaborado

por Martínez-Mendoza (2022). En la ZCSLA la densidad se comportó de manera similar con una menor densidad de embarcaciones en general, pero su distribución tiene lugar en áreas de mediana y baja idoneidad. Sin embargo, el impacto ambiental provocado por el tráfico marítimo es multivariado, ya que emite contaminantes a la atmósfera (emisiones de gases y ruido), al agua (ruido, agua residual y residuo de hidrocarburo; Conesa *et al.*, 2009); factores no incluidos en la evaluación pero que deben ser considerados en estudios posteriores, ya que otorgarían una mayor exactitud a la evaluación.

Un impacto importante de la actividad humana, no contemplado en la evaluación del Criterio D, es la interacción con las pesquerías. Wells *et al.*, (2019) mencionan que las poblaciones del ecotipo costero son normalmente más pequeñas y residentes, además de encontrar un mayor número de amenazas por actividades humanas (*e.g.*, captura incidental en artes de pesca), como es el caso de las subpoblaciones de la CCV, en especial la ZCSLA. Sin embargo, no se contaron con suficientes datos para la subpoblación del PNSAV. Para la subpoblación de la ZCSLA, existe evidencia de que los tursiones y las embarcaciones pesqueras navegan las mismas zonas, pero tienden a evitarse, mostrando una baja frecuencia de interacción debido probablemente a agresiones por parte de los pescadores (Morteo *et al.*, 2012a). En el mismo estudio realizado por Morteo *et al.* (2012a) la distribución espacial de las embarcaciones, las artes de pesca y los tursiones, mostraron su mayor núcleo de densidad cerca de la entrada de la laguna, donde tuvo lugar la mayor interacción, debido a la alta productividad primaria y secundaria. Los tursiones residentes (23 individuos) mostraron una menor frecuencia de interacción con las pesquerías ($\bar{X}=16.1\%$, $DE=4.8$) en comparación con tursiones no residentes ($\bar{X}=34.7\%$, $DE=13.5$), quienes pudieron generar algún grado de tolerancia e incluso habituación a las actividades humanas, al asociar la pesca artesanal como una fuente de alimentación (Morales-Rincón, 2016). No se encontraron datos específicos sobre la mortalidad a causa de la interacción con pesquerías para ambas subpoblaciones, por lo que se sugiere sea considerado en estudios posteriores.

Determinar el nivel de deterioro, vulnerabilidad o riesgo que posee una especie, pareciera tener un dudoso futuro, ya que el ejecutor debe aplicar un criterio propio que intrínsecamente representa las categorías establecidas por el MER (Sánchez-Salas *et al.*, 2013). Con base en la información generada sobre el estado actual de riesgo de *T. truncatus*

en la CCV, se espera no solo fijar un antecedente metodológico para el ecotipo costero, sino incentivar su aplicación y cambio de estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, cuyo contenido debe ser actualizado cada tres años, de acuerdo con la misma norma (D.F.O., 2019) como resultado de nueva información, cambios taxonómicos y resultado de estudios sobre el estado de conservación de la especie (Lorenzo y González-Ruiz, 2018), como lo es el presente estudio. Se debe fomentar la participación de la comunidad científica para influir en las políticas de conservación de las especies, aun cuando no estén listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Si bien, de acuerdo con la norma, cualquier persona puede proponer cambios a su contenido, los académicos son los principales interesados que deben liderar dichas modificaciones pues son quienes solicitan licencias de colecta y tienen acceso a los equipos, infraestructura, conocimientos y mejor información disponible.

Otra de las recomendaciones de García *et al.* (2017), hace referencia sobre propiciar la investigación y conservación de las especies que no estén en riesgo para evitar que suban de categoría. En función de ello, la existencia de un Área Natural Protegida y su amplia área de influencia que contiene a estas dos subpoblaciones representa una oportunidad para la conservación de la especie bajo un manejo adaptativo. Este tipo de manejo aprovecha las oportunidades para mejorar la eficacia de las estrategias de gestión a medida que se van ganando conocimientos (McCarthy y Possingham 2007) y, por lo tanto, extiende la ciencia de la conservación a la evaluación de la estrategia de gestión y sistemas de apoyo de toma de decisiones, con retroalimentación y vínculos entre el asesoramiento científico, su aplicación (parcial o completa) y la evaluación y reevaluación de los resultados. Tal es el caso del Programa para la Protección y Restauración de Ecosistemas y Especies Prioritarias (PROREST) del Gobierno Federal, el cual va encaminado a la conservación y restauración de los ecosistemas, así como a la recuperación de especies prioritarias de las ANP y sus zonas de influencia, cuya efectividad es medida a través de una matriz de indicadores de resultados (CONANP, 2021).

Como una alternativa de conservación del hábitat de los tursiones en el PNSAV, se sugiere aprovechar los bienes y servicios ecosistémicos que proveen los arrecifes (*i.e.*, protección a la infraestructura costera, diversos valores estéticos y culturales, desarrollo de actividades turístico-recreativas debidamente reguladas como buceo y paseos en lancha) como medio para generar ingresos económicos para el sustento de las comunidades costeras

locales (Ortiz-Lozano *et al.*, 2015a). Asimismo, se recomienda enfatizar algunas acciones en la ZCSLA como limitar la velocidad de todo tipo de embarcaciones a 10 nudos en la zona de la desembocadura de la laguna de Alvarado, ya que se ha demostrado que hay una reducción significativa de colisiones de barcos con ballenas cuando la velocidad es de 10 nudos o menos (Félix *et al.* 2019), en función de representar un área clave, actuando como polo de atracción para los tursiones debido a sus condiciones fisicoquímicas y biológicas asociadas a la alimentación (García-Aguilar, 2020). Por último, una medida significativa para la conservación de ambas subpoblaciones es la restauración de la hidrología natural (por ejemplo, la aportación de agua dulce de los ríos), la reducción de la contaminación de diversas fuentes, la gestión responsable de la pesca y la acuicultura y el control de la pesca ilegal (Lorenzo y González-Ruiz, 2018).

X. Conclusiones

Para el caso de las subpoblaciones de *T. truncatus* en la Costa Central de Veracruz, se utilizó la metodología de la NOM-059-SEMARNAT-2010 a nivel poblacional, obteniendo un puntaje más bajo de lo esperado en la hipótesis propuesta, ya que no llegó a calificar en ninguna categoría de la norma. Sin embargo, se pudieron identificar varios vacíos de datos como son la relación entre su vulnerabilidad y parámetros ambientales, estrategia reproductiva y en general datos recientes sobre el registro de tursiones en ambas subpoblaciones (PNSAV y ZCSLA), así como registro de parámetros del impacto humano como el tráfico de embarcaciones. El contar con la información apropiada sobre parámetros poblacionales y amenazas potenciales que consideren su vulnerabilidad asociada a parámetros ambientales, así como el impacto de las actividades humanas, es considerado esencial para el desarrollo de estrategias para su manejo y conservación. Con estos resultados y sobre todo metodología para cada criterio se espera fijar un antecedente para la evaluación del riesgo de extinción a través del MER para el ecotipo costero de tursiones, pudiendo ser perfeccionado en función de la mejor información disponible.

Referencias

- ASIPONA (Administración del Sistema Portuario Nacional Veracruz). (2022). Programa Maestro de Desarrollo Portuario del Puerto de Veracruz 2022-2027.
- Arias-Zapata, A. (2019). Percepción de pescadores artesanales ante la interacción con tursiones costeros (*Tursiops truncatus*) (tesis de licenciatura). Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México.
- Bearzi G., S. Agazzi, S. Bonizzoni, M. Costa & A. Azzellino, (2008). Dolphins in a bottle: abundance, residency patterns and conservation of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the semi-closed eutrophic Amvrakikos Gulf, Greece. *Aquatic Conservation: Marine & Freshwater Ecosystems*, 18:130-146.
- Bejder, L., A. Samuels, H. Whitehead, N. Gales, J. Mann, R. Connor, M. Heithaus, J. Watson-Capps, C. Flaherty y M. Krützen. (2006). Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to long-term disturbance. *Conservation Biology*. 20 (6): 1791-1798 p.
- Bodini, A., Rocchi, M., & Scotti, M. (2018). Insights into the ecology of the Black Sea through the qualitative loop analysis of the community structure: Qualitative analysis of the Black Sea. *Limnology and Oceanography*, 63(2), 968-984. <https://doi.org/10.1002/lno.10713>
- Bohm, M; Cook, D; Ma, H; Davidson, AD; García, A; Tapley, B; Pearce-Kelly, P; (2016) Hot and bothered: using trait-based approaches to assess climate change vulnerability in reptiles. *Biological Conservation*. 204 (Part A) pp. 32-41. Doi: 10.1016/j.biocon.2016.06.002
- Bolaños-Jiménez, J., Morteo, E., Delfín-Alfonso, CA., Fruet, PF., Secchi, ER. and Bello-Pineda, J. (2021). Population Dynamics Reveal a Core Community of the Common Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) in Open Waters of the South-Western Gulf of Mexico. *Front. Mar. Sci.* 8:753484. doi: 10.3389/fmars.2021.753484.
- Bonneville CD, Derville S, Luksenburg JA, Oremus M and Garrigue C (2021) Social Structure, Habitat Use and Injuries of Indo-Pacific Bottlenose Dolphins (*Tursiops aduncus*) Reveal Isolated, Coastal, and Threatened Communities in the South Pacific. *Front. Mar. Sci.* 8:606975. doi: 10.3389/fmars.2021.606975
- Booth, C., & Thomas, L. (2021). An Expert Elicitation of the Effects of Low Salinity Water Exposure on Bottlenose Dolphins. *Oceans*, 2(1), 179-192. <https://doi.org/10.3390/oceans2010011>
- Bossart, GD. (2011) Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Vet Pathol* 48: 676-690
- Braulik GT, Smith, B. (2019). South Asian River dolphin *Platanista gangetica* (amended version of 2017 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T41758A151913336. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T41758A151913336.en>
- Brooks, L., Palmer, C., Griffiths, A. D., & Pollock, K. H. (2017). Monitoring Variation in Small Coastal Dolphin Populations: An Example from Darwin, Northern Territory, Australia. *Frontiers in Marine Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00094>
- Buckstaff, K. C. (2004). Effects of watercraft noise on the acoustic behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science*. 20 (4): 709-725 p.
- Carantoña, T., Hernández, D. (2017). Indicador de vulnerabilidad de especie ante el cambio climático en Áreas Naturales Protegidas, Venezuela. *Terra Nueva Etapa*, 33 (53), 75-103. ISSN: 1012-7089.
- Carreón-Palau, L., del Ángel-Rodríguez J.A., Parrish CC., Pérez-España H., y Aguiñiga-García, S. (2019). Evaluación de las Fuentes Naturales y Antropogénicas de Nitrógeno y Carbono en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, p. 345-376. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, C. González-Gándara y D. Salas-Monreal (eds.). *Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche. 376 p. ISBN 978-607-8444-54-0. doi 10.26359/epomex0319
- Carrillo-Alejandro P, LFJ Beléndez-Moreno, C Quiroga-Brahms, RM Lorán-Núñez, FR Martínez Isunza, JA Pech-Paat, L González Ocaranza, JJ Villanueva-Fortanelli, MR Castañeda-Chávez, F Lango-Reynoso, I Galaviz Villa, G Silva-López, LG Abarca-Arena, BY Rangel-Arteaga, LM Pantoja-González, L Arias Cruz, LE Martínez-Cruz, G Pantoja Yépez, R Escartín-Hernández, M Garduño-Dionate, M Nava-Abarca, G Morales-García, J Rivas Villegas, E Romero-Hernández, M Lagunes del Valle y J Castillo-Hernández. (2014). Plan de Manejo Pesquero del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. En: LFJ

- Beléndez-Moreno, E Espino-Barr, G Galindo-Cortes, MT Gaspar Dillanes, L Huidobro-Campos y E Morales Bojórquez (eds.). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo*. INAPESCA-SAGARPA. México, pp: 355–458.
- Castelán-Guzmán, A. (2019). Estado actual del conocimiento de *Tursiops truncatus* en el Atlántico mexicano (tesis de licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México.
- Cerdán-Gómez C. N. (2022). Predicción del tamaño poblacional de tursiones (*Tursiops truncatus*) en aguas costeras de Alvarado, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Cum laude. Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 93 pp.
- Cerrillo-Espinosa, P. & R.R. Barraza-Figueroa. (2007). Distribución y abundancia del tursión *Tursiops truncatus*, en bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México, 2003. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de bahía de Banderas, México. 68 p.
- Chávez-Martínez, K. (2017). Interacción entre el tursión (*Tursiops truncatus*) y la pesca artesanal de Alvarado, Ver. en función de la captura, calidad nutricional y composición isotópica de la comunidad de peces (Tesis de maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (2015). Apéndices I, II y III. En: < <https://cites.org/esp/disc/what.php>>, última consulta: 13 de junio de 2022.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), TNC (The Nature Conservancy - Programa México), Pronatura. (2007). 'Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad'.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2012). Propuesta de lista de especies prioritarias para la conservación en México [Archivo PDF]. Biodiversidad mexicana. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/files/PropuestaEspPrioritarias_ago2012_VerAct_Sept2013.pdf
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (comp.) (2022). Catálogo de autoridades taxonómicas de especies de flora y fauna con distribución en México. Base de datos SNIB-CONABIO, México.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2020). Diagnóstico U040. Programa para la protección y restauración de ecosistemas y especies prioritarias (PROREST). [Archivo PDF]. CONANP. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.conanp.gob.mx/prorest/prorest2020/U040_DiagnosticoPROREST_Final.pdf
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2021). Logros Institucionales de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas en el 2020. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 170 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2015). Programa de recuperación y repoblación de especies en riesgo (PROCER) (U25). Recuperado el día 15 de octubre del 2020, de <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programa-de-conservacion-de-especies-en-riesgo-procer>.
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). (2018). Permisos y Concesiones de pesca comercial para embarcaciones mayores y menores [Archivo Excel]. CONAPESCA. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/permisos-y-concesiones-de-pesca-comercial-para-embarcaciones-mayores-y-menores>.
- Conesa Fernandez - Vitora, V., Conesa Ripoll, V., Conesa Ripoll, L. A., & Estevan Bolea, M. T. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4a. ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Constantine, R., D.H. Brunton, y T. Dennis, (2004). Dolphin-watching tour boats change bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behaviour. *Biological Conservation*, 117(3):299-307.
- Cruz-Escalona, V.H., Arreguín-Sánchez, F., Zetina-Rejón, M. (2007). Analysis of the ecosystem structure of Laguna Alvarado, western Gulf of Mexico, by means of a mass balance model. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 72 (1-2) 155-167. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.10.013>
- D.O.F. [Diario Oficial de la Federación]. (1999). Decreto Promulgatorio del Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines, adoptado en la ciudad de Washington, D.C., Estados Unidos de América. Publ. 21 de mayo de 1998.

- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación). (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Publ. 06 de marzo de 2002.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Publ. 26 de noviembre del 2010.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación). (2012). Decreto que modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del Estado de Veracruz Llave, con una superficie de 52,238-91-50 hectáreas. Publ. 29 de noviembre del 2012.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación). (2014). Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. Publ. 05 de marzo del 2014.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación). (2017). Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con categoría de Parque Nacional la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano. Publ. 22 de mayo del 2017.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación). (2019). Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Publ. 14 de noviembre del 2019.
- Da Silva V, Trujillo F, Martín A, Zerbini AN, Crespo E, Aliaga-Rossel E, Reeves, R. (2018). Amazon river dolphin *Inia geoffrensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T10831A50358152. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T10831A50358152.en>
- Dambacher, J. M., & Ramos-Jiliberto, R. (2007). Understanding and Predicting Effects of Modified Interactions Through a Qualitative Analysis of Community Structure. *The Quarterly Review of Biology*, 82(3), 227-250. <https://doi.org/10.1086/519966>
- Davidson AD, Boyer AG, Kim H, Pompa-Mansilla S and others (2012) Drivers and hotspots of extinction risk in marine mammals. *Proc Natl Acad Sci USA* 109: 3395–3400.
- Defran RH, Weller DW. (1999). Occurrence, distribution, site fidelity, and school size of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off San Diego, California. *Mar. Mamm. Sci.* 15: 366–380.
- Del Castillo-Olvera, V. (2010). Biología poblacional del tursión (*Tursiops truncatus*) en la costa de Alvarado, Veracruz, México (tesis de licenciatura). Facultad de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue., México
- Díaz-Gamboa, R. E. (2004). Diferenciación entre tursiones *Tursiops truncatus* costeros y oceánicos en el golfo de California por medio de isótopos estables de carbono y nitrógeno Tesis de maestría. La Paz, Baja California Sur, México: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Escobar, J., & Bonilla-Jiménez, F. I. (2009). Grupos Focales: Una Guía Conceptual y Metodológica. *Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología*, 9 (1), 51-67.
- Escobar-Lazcano, M.J. (2019). Patrones de actividad y uso de hábitat de toninas (*Tursiops truncatus*) en la costa de Veracruz, México (tesis de maestría). Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México.
- Félix, F., Waerebeek, K. V., Sanino, G. P., Castro, C., Bressen, M. F. V., & Santillán, L. (2018). Variation in Dorsal Fin Morphology in Common Bottlenose Dolphin *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) Populations from the Southeast Pacific Ocean. *Pacific Science*, 72(3), 307-320. <https://doi.org/10.2984/72.3.2>, <https://doi.org/10.2984/72.3.2>
- Félix, F., Zavala, M., & Centeno, R. (2019). Distribución espacial, estructura social y amenazas de conservación de una pequeña comunidad de delfines nariz de botella, *Tursiops truncatus* (Odontoceti: Delphinidae) en Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 1059-1076.
- Félix, F., Burneo, S. F. (2020). Imminent Risk of Extirpation for Two Bottlenose Dolphin Communities in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Frontiers in Marine Science*, 7, 537010. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.537010>

- Foden WB, Butchart SHM, Stuart SN, Vié J-C, Akçakaya HR, Angulo A, et al. (2013) Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. PLoS ONE 8(6): e65427. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065427>
- Foden, W.B. and Young, B.E. (eds.) (2016). IUCN SSC Guidelines for Assessing Species' Vulnerability to Climate Change. Version 1.0. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 59. Cambridge, UK and Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission. x+114pp.
- Foden, W.B. (2016). Case Study 6. A trait-based CCVA of all warm-water reef-building corals globally. En W.B. Foden and B.E. Young, editors. IUCN SSC Guidelines for Assessing Species' Vulnerability to Climate Change. Versión 1.0. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 59. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. pp 33–48.
- Gaceta Legislativa. (2022). Anexo D. De la junta de Coordinación Política, proyecto de punto de acuerdo por el que se aprueban diversos planes municipales de desarrollo. Plan de Desarrollo Municipal 2022-2023 Alvarado. Gaceta Legislativa 32 (1).
- García, R. (1995). Presencia de toninas, *Tursiops truncatus* (Montagu 1821), en la zona de pesca de camarón de Alvarado, Ver. México (Cetacea: Delphinidae). Facultad de Biología. Iztacala, Edo. de México, Universidad Nacional Autónoma de México BSc: 47pp.
- García-Aguilar, P. (2020). Uso de hábitat del tursión (*Tursiops truncatus*) en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz (tesis de licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 36 pp
- García-Vital, M., Morteo, E., Martínez-Serrano, I., Delgado-Estrella, A., y Bazúa-Durán, C. (2015). Inter-individual association levels correlate to behavioral diversity in coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Southwestern Gulf of Mexico. *Therya*, 6(2), 337-349. Doi: 10.12933/therya-15-270
- GBIF (The Global Biodiversity Information Facility). (16 November 2022). GBIF Occurrence Download. GBIF.org. <https://doi.org/10.15468/dl.8j4cba>
- Granados-Barba, A., L. D. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y C. González-Gándara (eds.), (2015). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p.
- Guevara-Aguirre, D. & Gallo-Reynoso, J.P. (2015). Abundancia relativa y estacionalidad de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*) en la región de Guaymas, Sonora, golfo de California. *Therya*, 6(2): 315–328.
- Guevara-Aguirre, D. y Gallo-Reynoso, J. P. (2016). Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas (*Tursiops truncatus*) en el Golfo de California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 1045-1054. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.015>
- Guevara-Aguirre, D., & Gallo-Reynoso, J. P. (2016). Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas (*Tursiops truncatus*) en el golfo de California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 1045-1054. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.015>
- Guzmán-Vargas, E.C. (2015). Comparación de patrones de actividad de tursiones (*Tursiops truncatus*) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y las aguas costeras de Alvarado, Veracruz (tesis de licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México.
- Heckel G. (1992). Fotoidentificación de tursiones *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) en la Boca de Corazones de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México (Cetacea: Delphinidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 164 p.
- Heikkinen, R. K., Luoto, M., Virkkala, R., Pearson, R. G., & Körber, J.-H. (2007). Biotic interactions improve prediction of boreal bird distributions at macro-scales. *Global Ecology and Biogeography*, 16(6), 754-763. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00345.x>
- Herderson, S.D., Dawson, S.M., Rohan, J.C., Lusseau, D., Schneider, K. (2014). Reproduction, birth seasonality, and calf survival of bottlenose dolphins in Doubtful Sound, New Zealand. *Marine Mammal Science* 30(3): 1067-1080.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández-Collado, C.; Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill Internamericana. México. Pp 850.
- Hernández-Candelario I. C. (2009). Interacción de delfín costero *Tursiops truncatus* con embarcaciones y artes de pesca en el sistema arrecifal veracruzano. (Tesis de Maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

- Hernández-Candelario, I., Morteo, E., Heckel, G., Sosa-Nishizaki, O., Álvarez-Sánchez, L.G., Flores-Uzeta, O. y Martínez-Serrano, I. (2015). Caracterización de la relación entre la distribución espacio - temporal de los tursiones (*Tursiops truncatus*) y las actividades humanas en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Rev E-BIOS*, 2 (8), 34-52.
- Hornsby, F.E.; McDonald, T.L.; Balmer, B.C.; Speakman, T.R.; Mullin, K.D.; Rosel, P.E.; Wells, R.S.; Telander, A.C.; Marcy, P.W.; Klaphake, K.C. (2017). Using salinity to identify common bottlenose dolphin habitat in Barataria Bay, Louisiana, USA. *Endanger. Species* (33), 181–192.
- Huang, S.-H., Chang, W.-L., Karczmarski, L. (2014). Population trends and vulnerability of humpback dolphins *Sousa chinensis* off the west coast of Taiwan. *Endanger. Species Res.* 26, 147–159. doi: 10.3354/esr00619
- Instituto Nacional de Pesca. (2014). Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. 359p.
- Karczmarski L., V. Cockcroft & A. MacLachlan, (2000). Habitat use and preferences of *Sousa chinensis* in Algoa Bay, South Africa indo-pacific humpback dolphins. *Marine Mammal Science* 16(1):65-79.
- Kass, J. M., Vilela, B., Aiello-Lammens, M. E., Muscarella, R., Merow, C., & Anderson, R. P. (2018). Wallace: A flexible platform for reproducible modeling of species niches and distributions built for community expansion. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(4), 1151-1156. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12945>
- La Manna, G., Ronchetti, F., Sará, G., Ruiu, A. y Ceccherelli, G. (2020). Common bottlenose Dolphin protection and sustainable boating: species distribution modelling for effective coastal planning. *Frontiers in Marine Science*, 7, 1-13. Doi: 10.3389/fmars.2020.542648
- Lara-Díaz, NE. (2017). Ecología espaciotemporal y estado de conservación del oso negro en el noroeste de México. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro. México. Tesis de doctorado.
- Lara-Domínguez, A. L., Franco, J., Bedia, C., Abarca, L., Díaz, S., Aguirre, A., González-Gándara, C., Castillo-Rivera, M. (2011). Diversidad de peces en los ambientes costeros y plataforma continental. P. 505-516. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio). (2011). La biodiversidad en Veracruz: Estudios de estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. ISBN 978-607-7607-51-9 (volumen II). 679 p.
- Leatherwood, J. S. (1979). Aerial survey of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, and the West Indian manatee, *Trichechus manatus*, in the Indian and Banana Rivers, Florida. *Fish. Bull.* 77:47-59.
- Levins, R. (1974). Discussion Paper: The Qualitative Analysis of Partially Specified Systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 231(1), 123-138. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1974.tb20562.x>
- Lorenzo, C., González-Ruiz, N. (2018). Mammals in the Mexican Official Norm NOM-059-SEMARNAT-2010. *Therya*, 9(1), 69-72. <https://doi.org/10.12933/therya-18-565>
- Maciel-Mata, C. A., Manríquez-Morán, N., Octavio-Aguilar, P. & Sánchez-Rojas, G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria*, 25(2), 3-19. doi: 10.15174/au.2015.690
- Mace, G., Collar, N.J., Gaston, K.J., Hilton-Taylor, C., Akcakaya, H.R., Leader-Williams, N., Milner-Gulland, E.J. y Stuart, S.N. (2008). Quantification of extinction risk: IUCN's System for Classifying Threatened Species. *Conservation Biology* 22 (6), 1424-1442. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01044>.
- Martínez-Mendoza, O. (2022). Modelos de idoneidad de hábitat del tursión (*Tursiops truncatus*) en dos vertientes de las costas mexicanas. (tesis de licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México.
- Martínez-Serrano, I., Serrano, A., Schramm, Y. (2011). Distribution and home range of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off Veracruz, Mexico. *Ciencias Marinas*, 37(4A): 379-392.
- Mason, t., Stephens, P., Gilbert, g., Green, R., Wilson, j., Jennings, K., Allen, R.M., Huntley, B., Howard, C., Willis, S. (2021). Using indices of species potential range to inform conservation status. *Ecological Indicators* 123 (2021). doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107343>
- Maze, K.S. & B. Würsig, (1999). Bottlenose dolphins of San Luis Pass, Texas: Occurrence patterns, site-fidelity, and habitat use. *Aquatic Mammals*, 25(2):91-103.

- McCarthy MA, Possingham HP. (2007) Active adaptive management for conservation. *Conserv Biol* 21: 956–963
- McClain, Abby M., Risa Daniels, Forrest M. Gomez, Sam H. Ridgway, Ryan Takeshita, Eric D. Jensen, and Cynthia R. Smith. (2020). Physiological Effects of Low Salinity Exposure on Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). *Journal of Zoological and Botanical Gardens* 1, no. 1: 61-75. <https://doi.org/10.3390/jzbg1010005>
- McClenachan L, Cooper AB (2008) Extinction rate, historical population structure and ecological role of the Caribbean monk seal. *Proc R Soc B* 275: 1351–1358.
- McFadden JE, Hiller TL, Tyre AJ (2011) Evaluating the efficacy of adaptive management approaches: Is there a formula for success? *J Environ Manag* 92: 1354–1359
- Medellín, N. (2012). Diferencias sexo-específicas en las áreas núcleo de la distribución de los delfines *Tursiops truncatus* frente al sistema lagunar de Alvarado, Golfo de México. (tesis de maestría). Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Ver., México..
- Medrano, G. L., Urbán, R. J. (2002). La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994,2000 [consultado 7 Ene 2016]. Disponible en: <http://www.bionica/info/Biblioteca/Medrano2002.pdf>.
- Minton, G., Smith, B. D., Braulik, G. T., Krebs, D., Sutaria, D., Reeves, R. (2017). *Orcaella brevirostris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:eT15419A123790805. Gland: IUCN.
- Mintzer, V.J., Fazioli, K. L. (2021). Salinity and water temperature as predictors of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) encounter rates in upper Galveston Bay, Texas. *Front.Mar.Sci.* 8:754686. doi: 10.3389/fmars.2021.754686
- Montero-Cordero, A. (2007). Comportamiento del delfín manchado *Stenella attenuata* (cetacea: delphinidae) en ausencia y en presencia de botes turísticos: evaluación biológica y socioeconómica en Bahía Drake e Isla del Caño (Tesis de Maestría). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Morales-Rincón, N., Morteo, E. y Delfín-Alfonso, C. (2019). Influence of artisanal fisheries on the behavior and social structure of *Tursiops truncatus* in the southwestern Gulf of Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99 (8), 1841-1849. Doi: <https://doi.org/10.1017/S002531541900078X>
- Mora-Manzano, M. (2018). Análisis de la riqueza y diversidad de la dieta del tursión, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), con base en literatura publicada. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. México.
- Moreno, M. P. T. (2005). Environmental Predictors of Bottlenose Dolphin Distribution and Core Feeding Densities in Galveston Bay, Texas. Ph. D, Thesis. Galveston (TX): Texas A&M University.
- Morteo, E. (2004). Dorsal fin morphological differentiation in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) along mexican coasts: an adaptive approach. (Tesis de maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México.
- Morteo, E., Hernández-Candelario, I. (2007). Resultados preliminares sobre la relación entre delfines *Tursiops truncatus*, embarcaciones y artes de pesca en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Unidad de Investigación de Ecología de Pesquerías, Universidad Veracruzana. P. 241-256. En: Granados-Barba, A., Abarca-Arenas, L., y Vargas-Hernández, J.M (eds.). Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. ISBN 968-5722-53-6. 304 p.
- Morteo, E. (2011). Ecología social de los delfines (*Tursiops truncatus*) en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz, México. (Tesis de doctorado). Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Ver., México.
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., Arceo-Briseño, P., y Abarca-Arenas, L. G. (2012a). Spatial analyses of bottlenose dolphin-fisheries interactions reveal human avoidance off a Productive Lagoon in the Gulf of Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92(08), 1893-1900. Doi: DOI: 10.1017/S0025315411000488
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A. y Morteo, R. (2012b). Sensitivity analysis of residency and site fidelity estimations to variations in sampling effort and individual catchability. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83 (2), 487-495.
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., y Abarca-Arenas, L. G. (2014). Sexual segregation of Coastal Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Southwestern Gulf of Mexico. *Aquatic Mammals*, 40(4), 375-385. Doi: 10.1578/AM.40.4.2014.375.

- Morteo, E., Martínez-Serrano, I., Hernández-Candelario, I., Ruiz-Hernández, I., Guzmán-Vargas, E. (2015). Distribución, abundancia, residencia y comportamiento del tursión (*Tursiops truncatus*) en el Sistema Arrecifal Veracruzano. P. 209-228- en: Granados-Barba, A., Ortiz-Lozano, L., Salas-Monreal, D., González-Gándara, C. (eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p.
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., y Abarca-Arenas, L. G. (2017). Abundance, Residency, and Potential Hazards for Coastal Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) Off a Productive Lagoon in the Gulf of Mexico. *Aquatic Mammals*, 43(3), 308-319. Doi: 10.1578/AM.43.3.2017.308
- Morteo, E., Ramírez, T., del Castillo-Olvera, V., Delfín-Alfonso, C., Bello-Pineda, J., González-Christen, A. (2019). Ecología Poblacional de Delfines (*Tursiops truncatus*) en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. p. 191-214. En: Granados-Barba, A., Ortiz-Lozano, L., González-Gándara, C., Salas-Monreal, D. (eds.). Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 376 p. ISBN 978-607-8444-54-0. Doi 10.26359/epomex0319
- Murphy, S., Barber, J. L., Learmonth, J. A., Read, F. L., Deaville, R., Perkins, M. W., et al. (2015). Reproductive failure in UK harbour porpoises *Phocoena phocoena*: legacy of pollutant exposure? *PLoS One* 10 (7): e0131085. Doi: 10.1371/journal.pone.0131085.
- Nah-Balam, S., Poot-López, G., & Díaz-Gamboa, R. E. (2021). Habitat Characterization of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) Along the Coast of Yucatan, Mexico. *Aquatic Mammals*, 47(1), 30-35. <https://doi.org/10.1578/AM.47.1.2021.30>
- Nelms, S., Alfaro-Shigueto, J., Arnould, J., Avila, I., Bengtson, S., Campbell, E., Carter, M., Collins, T., Currey, R., Domit, C., Franco-Trecu, V., Fuentes, M., Gilman, E., Harcourt, R., Hines, E., Hoelzel, A., Hooker, S., Johnston, D., Kelkar, N., ... Godley, B. (2021). Marine mammal conservation: Over the horizon. *Endangered Species Research*, 44, 291-325. <https://doi.org/10.3354/esr01115>
- Ortega-Ortiz, J.G. (1996). Distribución y abundancia de las toninas *Tursiops truncatus*, en la bahía de la Ascensión, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría. Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 82 p.
- Ortiz-Lozano, L., H. Pérez-España, A. Granados-Barba, C. González-Gándara, A. Gutiérrez-Velázquez, J. Martos. (2013). The reef corridor of the Southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation. *Ocean Coastal Management*, 86: 22-32.
- Ortiz-Lozano, L., A. L. Gutiérrez-Velázquez, A. Granados-Barba, C. González Gándara, (2015a). El Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México: retos y oportunidades para el manejo del Sistema Arrecifal Veracruzano, p. 303-312. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y C. González-Gándara (eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p.
- Ortiz-Lozano, L., V. Valadez-Rocha y S. Hayasaka-Ramírez. (2015b). Influencia histórica de la ciudad y puerto de Veracruz sobre el Sistema Arrecifal Veracruzano, p. 1-18. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y C. González-Gándara (eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p.
- Parsons, ECM, Baulch S, Bechshoft T, Bellazzi G P., Bouchet, P., Cosentino, A.M., Godard-Codding, CA., Gulland, F., Hoffmann-Kuhnt, M., , Hoyt, E., Livermore, S., MacLeod, CD., Matrai, E., Munger, L., Ochiai, M., Peyman, A., Recalde-Salas, A., Regnery, R., Rojas-Bracho, L., Salgado-Kent, CP., Slooten, E., ... Wang, J.Y. (2015) Key research questions of global importance for cetacean conservation. *Endang Species Res* 27: 113–118
- Peel, D., Kelly, N., Smith, J., Childerhouse, S., Moore, T.J., Redfern, J. (2015). Quantitative Assessment of Ship Strike to Humpbacks in the Great Barrier Reef. Final Report to the Australian Marine Mammal Centre Grants Programme (Project 13/46), Australian Antarctic Division.
- Peña-Mondragón, J. (2011). Daños económicos al ganado y percepciones sociales sobre el jaguar (*Panthera onca veraecrucis* Nelson and Goldman, 1933) en la Gran Sierra Plegada, Nuevo León, México. (Tesis de maestría). Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Mich. México.
- Pereyra-Díaz, D. A. Pérez-Sesma, (2005). Hidrología de superficie y precipitaciones intensas 2005 en el estado de Veracruz. Pp. 81-99. En: Calatayud Duhalt, L. (ed.), Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz. Universidad Veracruzana COVECYT.

- Qgis Development Team (2018). QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project. Chicago, IL: Open-Source Geospatial Foundation.
- Quintana-Rizzo E, Wells R. (2001). Resighting and association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Cedar Keys, Florida: Insights into social organization. *Can. J. Zool.* 79: 447–456.
- Ramírez-León, M. (2020). Distribution and abundance of cetaceans in Mexican waters of the Gulf of Mexico (tesis de doctorado). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Ensenada, Baja California, México.
- Ramos, E., Castelblanco-Martínez, D.N., García, J., Rojas, J., Foley, J., Audley, K., Van Waerebeek, K y Van Bresse M. (2018). Lobomycosis-like disease in common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* from Belize and Mexico: bridging the gap between the Americas. *Dis Aquat Org.* 128 (1): 1-12.
- Rechimont, M.E., Lara-Domínguez A.L., Morteo, E., Martínez-Serrano y I., Equihua, M. (2018). Depredation by coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the southwestern Gulf of Mexico in relation to fishing techniques. *Aquatic Mammals* 44 (5), 469-481. Doi: 10.1578/AM.44.5.2018.469.
- Reeves RR, McClellan K, Werner TB (2013) Marine mammal bycatch in gillnet and other entangling net fisheries, 1990 to 2011. *Endang Species Res* 20: 71–97.
- Richardson WJ, Greene CR Jr, Malme CI, Thomson, DH. (2013). Marine mammals and noise. Academic Press, San Diego, CA.
- Rodríguez, M., Bodini, A., Escobedo, F. J., & Clerici, N. (2021). Analyzing socio-ecological interactions through qualitative modeling: Forest conservation and implications for sustainability in the peri-urban bogota (Colombia). *Ecological Modelling*, 439, 109344. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109344>
- Ronzón-Contreras, F. (2018). Variación temporal en la condición corporal del tursión (*Tursiops truncatus*) de las aguas costeras de Alvarado, Veracruz (tesis de licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México.
- Rosel, P. E. and H. Watts. (2007). Hurricane Impacts on Bottlenose Dolphins in the Northern Gulf of Mexico. *Gulf of Mexico Science* 25 (1): 89-94. DOI: 10.18785/goms.2501.07
- Ruiz-Hernández, I.A. (2014). Desplazamientos de toninas (*Tursiops truncatus*) en la costa central de Veracruz, México (tesis de licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México.
- Sánchez, O., Medellín, R., Aldama, A., Goettsch, B., Soberón, J. y Tambutti, M. (2007). Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). DF, México: INE-SEMARNAT, CONABIO.
- Sánchez, W.D. (2016). Distribución e idoneidad del hábitat de *Crocodylus acutus*, *Crocodylus moreletii* y cocodrilos híbridos en Quintana Roo, México (Tesis de maestría). El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo. México.
- Schramm Y. (1993). Distribución, movimientos, abundancia e identificación del delfín *Tursiops truncatus* (Montagu 1821), en el sur de la Laguna de Tamiahua, Ver. y aguas adyacentes (Cetacea: Delphinidae). (Tesis de Licenciatura). Escuela de Biología. Universidad Autónoma de Guadalajara. México.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (SEDATU, 2022). Programa de Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Veracruz.
- Sellas, A. B., Wells, R. S., and Rosel, P. E. (2005). Mitochondrial and nuclear DNA analyses reveal fine scale geographic structure in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Gulf of Mexico. *Conserv. Genet.* 6, 715–728. doi:10.1007/s10592-005-9031-7
- Serrano, A. (2011). Cetacean diversity, distribution, and abundance in northern Veracruz, Mexico. Data downloaded from OBIS-SEAMAP.
- Servicio Meteorológico Nacional. (SMN, s.f.). Normales climatológicas. Estación: 00030056 El Tejar. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales5110/NORMAL30056.TXT>
- Slooten, E. (2007). Conservation management in the face of uncertainty: effectiveness of four options for management Hectors's dolphin bycatch. *Enanger. Species Res.* 3, 169–179.
- Smith, H., Frere, C., Kobryn, H., y Bejder, L. (2016). Dolphin sociality, distribution and calving as important behavioural patterns informing management. *Animal Conservation*.
- Soberón, J., Osorio-Olvera, L., & Peterson, T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 437-441. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>

- Tambutti, M., Aldama, A., Sánchez, O., Medellín, R. y Soberón, J. (2001). La determinación del riesgo de extinción de especies silvestres en México. *Gaceta Ecológica*, 61, 11-21.
- Taylor, B. L., Rojas-Bracho, L., Moore, J., Jaramillo-Legorreta, A., Ver Hoef, J. M., Cardenas-Hinojosa, G. (2016). Extinction is imminent for Mexico's endemic porpoise unless fishery bycatch is eliminated. *Conserv. Lett.* 10, 588–595. doi: 10.1111/conl.12331.
- Tezanos-Pinto, G., Constantine, R., Brooks, L., Jackson, J. A., Mourão, F., Wells, S., et al. (2013). Decline in local abundance of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Bay of Islands, New Zealand. *Mar. Mamm. Sci.* 29, E390–E410. doi: 10.1111/mms.12008
- Torres, A., C. Esquivel & G. Ceballos. (1995). Diversidad y conservación de los mamíferos marinos de México *Revista Mexicana de Mastozoología* 1: 22-43.
- Tulloch V, Pirota V, Grech A, Crocetti S and others (2020). Long-term trends and a risk analysis of cetacean entanglements and bycatch in fisheries gear in Australia waters. *Biodivers Conserv* 29: 251–282
- Turvey ST, Pitman RL, Taylor BL, Barlow J. (2007) First human-caused extinction of a cetacean species?. *Biol Lett* 3: 537–540.
- UICN. (2012). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición.* Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp. Originalmente publicado como *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition.* (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).
- UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC (2021). *Global distribution of warm-water coral reefs, compiled from multiple sources including the Millennium Coral Reef Mapping Project. Version 4.1. Includes contributions from IMaRS-USF and IRD (2005), IMaRS-USF (2005) and Spalding et al. (2001).* Cambridge (UK): UN Environment World Conservation Monitoring Centre. Data DOI: <https://doi.org/10.34892/t2wk-5t34>
- Valdes-Arellanes, M. P., Serrano, A., Heckel, G., Schramm, Y., Martínez-Serrano, I. (2011). Abundancia de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*) en el norte de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 227-235.
- Van Waerebeek K, Baker AN, Félix F, Gedamke J and others (2007). Vessel collisions with small cetaceans worldwide and with large whales in the Southern Hemisphere, an initial assessment. *Lat Am J Aquat Mamm* 6: 43–69.
- Weiss, J. (2006). Foraging Habitats and Associated Preferential Foraging Specializations of Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) Mother-Calf Pairs. *Aquatic Mammals* 32(1): 10-19.
- Wells R. S. y Scott M. D. (2009). Common Bottlenose Dolphin. En: Perrin W. F., Würsig B. Thewissen J. G. M. 2009. *Encyclopedia of Marine Mammals* (pp. 249–255). Academic Press Elsevier. San Diego, California, E.U.A.
- Wells RS, Scott MD, Irvine AB. (1987). The social structure of free ranging bottlenose dolphins. In: Genoways HH (ed.), *Current Mammalogy*. Plenum Press, pp. 247–305.
- Wells, R. S., Natoli, A., y Braulik, G. (2019). *Tursiops truncatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e. T22563A156932432. Doi: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T22563A156932432>.
- Wells, R. S., Tornero, V., Borrell, A., Aguilar, A., Rowles, T. K., Rhinehart, H. L., et al. (2005). Integrating life-history and reproductive success data to examine potential relationships with organochlorine compounds for bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. *Sci. Total Environ.* Oct;211(Pt 20):3249-57. doi: 10.1242/jeb.020610. PMID: 18840658.
- Yeates LC, Houser DS. Thermal tolerance in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *J Exp Biol.* (2008) Oct;211(Pt 20):3249-57. doi: 10.1242/jeb.020610. PMID: 18840658.
- Zacarías, A.J. (1992). Distribución espacial y temporal de *Tursiops truncatus* en la zona sur del Caribe Mexicano durante los años 1987 y 1988. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 131 pp.
- Zepeda-Borja, K.M. (2017) *Ecología poblacional del tursión (Tursiops truncatus) en aguas costeras de Mazatlán, Sinaloa.* Tesis de maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, Veracruz, Mexico. 83 pp.
- Zunino, M. & Zullini, A. (2003). *Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución.* México: Fondo de Cultura Económica. 359 p.

Anexos

Anexo I. Método Conesa simplificado		
Criterios		Significado
Signo	Positivo (+)/negativo (-)	Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados
intensidad	IN	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 una mínima afectación
Extensión	EX	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8). Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía en función del % de extensión en que se manifiesta
Momento	MO	Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto plazo, asignándole en ambos casos un valor de cuatro (4). Si es un período de tiempo mayor a cinco años, Largo Plazo (1).
Persistencia	PE	Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras
Reversibilidad	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquel deje de actuar sobre el medio.
Recuperabilidad	MC	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro (4).
Sinergia	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
Acumulación	AC	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).
Efecto	EF	Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta, o indirecto o secundario, cuando la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.

Periodicidad	PR	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo)
--------------	----	---

Anexo I. Rangos para el cálculo de la importancia ambiental			
Criterio/Rango	Calificación	Criterio/Rango	Calificación
Naturaleza Impacto benéfico Impacto perjudicial	+ - 	Intensidad (IN)	
		Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
Extensión (EX) Puntual Parcial Extensa Total Crítica	1 2 4 8 (+4)	Momento (MO)	
		Largo plazo	1
		Medio plazo	2
		Inmediato	4
		Crítico	(+4)
Persistencia (PE) Fugaz Temporal Permanente	1 2 4	Reversibilidad (RV)	
		Corto plazo	1
		Medio plazo	2
		Irreversible	4
Sinergia (SI) Sin sinergismo (simple) Sinérgico Muy sinérgico	1 2 4	Acumulación (AC)	
		Simple	1
		Acumulativo	4
Efecto (EF) Indirecto (secundario) Directo	1 4	Periodicidad (PR)	
		Irregular o discontinuo	1
		Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC) Recuperable inmediato Recuperable a medio plazo Mitigable o compensable Irrecuperable	1 2 4 8	IMPORTANCIA (I)	
		I=	
		(3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)	

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

www.uv.mx

