



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIO SUPERIORES IZTACALA

**EVALUACIÓN DE RIESGO ECOLÓGICO POR EFECTOS DE
LA PESCA DEL TIBURÓN MARTILLO *Sphyrna lewini*
(Griffith & Smith, 1834) EN EL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGA

P R E S E N T A:

MENDOZA TREVIÑO ADRIANA

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. JUAN CARLOS PÉREZ JIMÉNEZ



LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA DE
BAZ, ESTADO DE MÉXICO, 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

COMITÉ DE TESIS

Dra. MÓNICA GONZÁLEZ ISÁIAS (Presidente)

M. C. RAFAEL CHÁVEZ LÓPEZ (Vocal)

Dr. JUAN CARLOS PÉREZ JIMÉNEZ (Secretario)

M. C. HÉCTOR MARCOS MONTES DOMÍNGUEZ (Suplente)

M. C. ALBA FELIPA MÁRQUEZ ESPINOZA (Suplente)

“Hace algunos años, no importa exactamente cuántos, hallándome con escaso o ningún dinero en la bolsa y sin nada que me interesara especialmente en la tierra, se me ocurrió hacerme a la mar por una temporada y ver la parte acuosa del mundo. Es el sistema que tengo para ahuyentar la hipocondría y regular la circulación. Siempre que observo un rictus de amargura en las comisuras de mis labios, cuando mi alma se llena de brumas y lluvias de noviembre,..., entonces me doy cuenta de que ha llegado el momento de embarcarme cuanto antes... Aunque no se den cuenta de ello, casi todos los hombres en un momento u otro de sus vidas, albergan sentimientos parecidos a los míos respecto del océano”.

Moby Dick (Herman Melville)

Dedicatorias

Este trabajo se lo dedico a todos aquellos que creyeron en mí y que me apoyaron de alguna forma, en especial a mi familia, sobre todo a mi papá Franco Mendoza Iturralde y a mi mamá Diana María Treviño Ramírez, quienes me enseñaron a ser independiente, fuerte y a conseguir lo que tanto añoro; a mis hermanas Karla Patricia Mendoza Treviño y María Luisa Mendoza Treviño que me soportaron cuando estaba estresada y me animaron para continuar siempre; a mí hermano Omar Santiago Mendoza Treviño que desde su trinchera y en momentos de serenidad, me hace recordar que la paciencia debe ser una cualidad a practicar; a mi sobrino Santiago Mendoza Sánchez que, con tan solo un año y diez meses, me llena de amor y ternura y sé que cuando crezca, le contaré sobre esta etapa de mi vida, quizá él también hará de su vida una aventura que valdrá la pena contar.

Este trabajo también se lo dedico a los pescadores, quienes llegaban soleados y cansados después de uno o varios días a la mar y que aun así nos dejaban echar un vistazo a su pesca y se tomaban unos minutos para platicar sobre su oficio, artes de pesca, sobre los peces que viven en las profundidades del mar y, con suerte, hasta de sus aventuras en aquel mundo que pocos tienen la dicha de conocer tan bien como ellos. Son un sector castigado por la población y por el gobierno, pero, en general, son de las personas más humildes y sencillas con las que uno puede platicar.

Y no podía faltar una dedicatoria para mí misma, fue toda una hazaña terminar este trabajo, me maravillé, lo amé, lo disfruté, lo soñé, lo aluciné, me fastidió, lo dejé muchas veces y lo retomé muchas más, pero todo valió la pena al final; conocí a personas que cambiaron mi vida y que me enseñaron cosas que necesitaba aprender en su momento, algunas siguen conmigo, a otras no las he vuelto a ver; aprendí muchas cosas de la pesca que ignoraba; visité lugares sorprendentes y amé mucho más el mar y a sus peces, sobre todo a mis preferidos, los tiburones.

Agradecimientos

La primera persona a la que quiero agradecer por toda su paciencia y dedicación, es a mi director de tesis Juan Carlos Pérez Jiménez que desde el principio resolvió mis interminables dudas, con claridad y siempre con buen ánimo, creo que desde entonces le quedó claro que soy muy preguntona; gracias a sus consejos, apoyo y comprensión, hoy por fin este trabajo llegó a su fin. No se preocupe, probablemente me aparezca en alguna otra ocasión, pero esta vez reconocerá mi voz, sobre todo cuando diga que fui su alumna. ¡Gracias por todo!

A Iván Méndez Loeza, mi carnalito, quien estuvo acompañándome durante el proceso de la elaboración de tesis, desde las salidas de campo, exposiciones, el simposio y hasta cuando me quebraba la cabeza y no encontraba respuesta; gracias por las múltiples aclaraciones, el mapa, los consejos y las conversaciones divertidas, pero profundas, tanto de pesquerías como de la vida misma. Definitivamente el Laboratorio de Pesquerías ECOSUR no será lo mismo sin ti, pero me alegra saber que tienes nuevos proyectos. ¡Buena suerte carnalito!

A Nicté-ha Guadalupe Cu Salazar que me apoyó infinitamente en este trabajo, los días de campo y de laboratorio siempre fueron amenos, interesantes y muy divertidos gracias a ti; con tu cariño, pláticas y abrazos mis estancias fueron las mejores. Y lo mejor de todo es que sigues en mi vida, porque sin pensarlo te hiciste parte de mi familia campechana. ¡Gracias por todo Nic, al fin lo logré!

A Fátima Guadalupe Bravo Zavala, mi Marci, mi hermana darks, mi *Rhizoprionodon terraenovae*, aquella que sufrió y gozó la tesis como yo; gracias por estar presente desde aquel momento y por confiar en mí, ahora podemos gritar a los cuatro vientos, ¡lo hicimos! Quizá en un futuro nos encontremos desayunando nuevamente y viendo programas tan “distinguidos” como lo hacíamos antes de un día de trabajo. ¡Gracias mi señor Marci!

A Bertha Aguirre que me enseñó más de la vida de los pescadores y de las mujeres en San Pedro, Tabasco, y que cada vez que nos vemos o hablamos, me platica de sus hazañas en el mar y me inspira a continuar con mis proyectos.

A Gerardo, Crisol, Paco Serrano, Nataly, Mily, Edith, Francisco, Melina, Ana, Tere, Angelina y a todos aquellos con los que coincidí en el Laboratorio de Pesquerías y en las salidas de campo, hicieron de mis estancias en el sur del Golfo de México las más divertidas e instructivas que pude tener.

A Jorge Ismael Maldonado Martín, empezaste siendo parte de la “competencia” en el INAPESCA y ahora eres parte de mi vida, gracias por apoyarme tanto, sin ti y tu familia esto no hubiera sido posible. ¡Gracias por coincidir en el momento exacto!

A Martha Candelaria Martín Balan por ser mi mentora y enseñarme sus tradiciones, recetas y hasta amarrar una hamaca, pero sobre todo por escucharme, quererme y apoyarme tanto como lo hizo. De igual manera quiero agradecerle a Don Francisco Maldonado por soportarme y a Pedro Agustín Maldonado Martín que junto con George me hicieron los días con sus simplezas y ocurrencias, tantas aventuras juntos con mi “mala suerte”, en donde el zika, las hormigas y mis sombreros son memorias dignas de recordar, más todo lo que se siga acumulando. ¡Gracias por ser mi familia campechana!

A Dany y a Arturo, los amigos que hice en Campeche y con quienes compartí aventuras, comidas, películas y quienes me enseñaron que existen juegos “inusuales” que pueden ser muy divertidos.

A los amigos que hice fuera de la escuela y con los que conocí una parte del sur, Omar, Déb, Giovanni, Adán, Javier, Carlos, Mildred y Francis. A mis amigos de Sabacché Mike, Roy, Selene, Marimar, Cecy y Juan.

A todos los amigos que hice en la carrera y con quienes pasé momentos inolvidables, sobre todo a Linda, Mony, Isabel, Juan Carlos, Bere, Ulises, Iván, Renato, Marcos, Quique, Denisse, Paco, Cesar, Tocayita y Elenita; gracias por hacer de mis días en la universidad los más especiales y también gracias a los que siguen en mi vida, de alguna manera, principalmente a Sara, Franklin, Blanca, Mariana, Cecy, Javier y Marco. A mis amigos del PUMAC Israel y Hugo. A mis amigos del vivario Carmen, Mario, Dany y Alejandra. A Jacqueline, mi amiga y confidente de toda la vida. Y a mis amigos Oswaldo y Rodrigo por escucharme y brindarme su tiempo.

A mis amigas de la Universidad de Caldas Carmen, Renata, Jackelin, Keila y Margarita, esta última amiga también del Colegio Franco Inglés que junto con Lucero, Yadira y Aby, me apoyaron en el quehacer docente o en la vida estudiantil en un país ajeno al propio; gracias a todas ustedes por su cariño y comprensión.

A los amigos que conocí en ECOVIAJES y quienes me apoyaron de alguna forma o me escucharon mientras lograba este objetivo, principalmente a Laura, Cris, Naye y Cuau.

A todos los profesores que conocí en la FES Iztacala, especialmente a mis sinodales Dra. Mónica González Isáias, M. C. Rafael Chávez López, M. C. Héctor Marcos Montes Domínguez y M. C. Alba Felipa Márquez Espinoza; gracias por el apoyo para la realización de este trabajo.

A mi *alma mater* la Universidad Nacional Autónoma de México a la que debo mi formación y desarrollo como profesionista; a la Universidad de Caldas que me recibió y me permitió ampliar mi visión del mundo y; a El Colegio de la Frontera Sur unidad Campeche que me brindó un espacio en sus instalaciones y todas las facilidades para realizar esta investigación.

A mis primos Juana, Tambo, Chirilo, Chava, Marisol, Carlos, Julio, Christian, Janeth, José, David, Beto, Mario, Juan, Pera, Toño, Raúl, Chícharo, Carlitos y Pablo; gracias por acompañarme en cada una de las etapas de mi vida, sobre todo a los que se quedaron en los momentos más difíciles, en los mejores y a los que hoy están conmigo. ¡Gracias por su apoyo y cariño!

A mis tíos Pablo, Estela, Lupe, Javier, Cruz, Raúl Mendoza, Rosalba, Tavo, Blanca, Juan, Jorge, Reyna, Raúl, Reyes, Ángela; porque estuvieron presentes en algún momento de mi vida para darme una palmada, un abrazo, una palabra de aliento o que me hicieron vivir un instante digno de recordar.

A mis abuelos Maximiano y Cohinta que ya no están conmigo, pero los recuerdo con mucho cariño, mi infancia fue extraordinaria y una gran parte de ella ocurrió con ustedes.

Pero sobre todas las cosas, quiero agradecer a mi familia por apoyarme y quererme incondicionalmente, este trabajo es para ustedes; gracias papá y mamá por brindarme las mejores herramientas para conquistar el mundo y por darme los mejores regalos de la vida, mis hermanos, gracias a ellos sé compartir y tengo a las mejores amigas del mundo. Karla, sé que tú muy pronto estarás de este lado así que disfruta tus días como estudiante, los extrañarás, gracias por ser noble conmigo y por ser la mejor acompañante de viajes y salidas de campo que haya tenido en la familia, gracias por escucharme y por ser tan comprensiva; China, eres un “corazón con patitas y mal genio” que corre sin cesar de un lado al otro, gracias por ser empática y buena maestra conmigo, me has enseñado a ser más humana y a prestar más atención en los pequeños detalles; Omar, sé que tenemos diferencias y a pesar de ello, gracias por estar, por ser bonito y tierno de formas inesperadas, sobre todo, por brindarme la oportunidad de sentir el “amor de tía” junto a Lupita, quien me aguanta pese a mis altibajos. Gracias a Santi, por robarme el corazón, cuando estés más grande, y si quieres, también te hablaré sobre lo fascinantes que pueden ser los tiburones y el mar.

Índice

1. Resumen	1
2. Introducción.....	2
3. Antecedentes.....	4
3.1 Pacífico Mexicano	4
3.2 Golfo de México	5
4. Hipótesis	7
5. Objetivos.....	8
5.1 Objetivo General	8
5.2 Objetivos Particulares	8
6. Materiales y Métodos.....	9
6.1 Área de Estudio	9
6.2 Sistemática y Diagnóstico de la especie	9
6.3 Procedimiento.....	11
6.3.1 Caracterización de las fuentes de mortalidad por pesca del tiburón martillo ...	11
6.3.2 Evaluación de riesgo ecológico por los efectos de la pesca de <i>S. lewini</i>	12
6.3.3 Análisis de Productividad y Susceptibilidad	12
6.3.3.a Productividad biológica de <i>S. lewini</i>	13
6.3.3.b Susceptibilidad de captura para las diferentes fuentes de mortalidad de <i>S. lewini</i>	15
6.3.3.c Calidad de los datos.....	16
6.3.3.d Peso del atributo	17
6.3.3.e Nivel de riesgo ecológico de <i>S. lewini</i> en las pesquerías del sur del Golfo de México	18
7. Resultados	19
8. Discusión.....	24
9. Conclusiones.....	27
10. Importancia del Trabajo	27
11. Recomendaciones.....	27
12. Literatura Citada	28
13. Anexos	32
Anexo 1. Imágenes de <i>Sphyrna lewini</i> , toma de datos, equipos de pesca y de trabajo.	32
Anexo 2. Bases de Datos	34
Anexo 3. Ejemplos de plantillas de atributos de susceptibilidad de captura por pesquerías para realizar el PSA en Tabasco, Campeche y Yucatán	40

Lista de Figuras

Fig. 1 Mapa del Área de Estudio en el sur del Golfo de México (Batimetric Data from NOAA's NGDC ETOPO1 Global Gridded 1-minute Database)	9
Fig. 2 Vista lateral de <i>Sphyrna lewini</i>	10
Fig. 3 Vulnerabilidad de <i>S. lewini</i> en las pesquerías del sur del Golfo de México.....	23
Fig. 4 y 5 Izq. Vista frontal de <i>Sphyrna lewini</i> en el puerto pesquero de San Pedro, Tabasco (2012). Der. Comercio de cazón (<i>S. lewini</i> y <i>Rhizoprionodon terraenovae</i>) en el mercado 20 de noviembre en San Francisco, Campeche (2016)	32
Fig. 6 y 7 Toma de datos en Champotón (2012) (Izq.) y en San Román, Campeche (2013) (Der.).....	32
Fig. 8 y 9 Izq. Entrevista a permisionario de El Cuyo, Yucatán. Der. Redes y palangre en el puerto pesquero de San Pedro Tabasco.	32
Fig. 10 y 11 Izq. Equipo de pesca: palangre. Der. Anzuelo garra de águila utilizado en el palangre.....	33
Fig. 12 y 13 Izq. Equipo de pesca: redes (reparación en Sabancuy). Der. Equipo de trabajo en Frontera, Tabasco.....	33
Fig. 14 y 15 Izq. Equipo de trabajo en San Pedro, Tabasco (2012). Der. Equipo de trabajo en Isla Aguada, Campeche (2013)	33

Lista de Tablas

Tabla 1. Pesquerías del sur del Golfo de México donde se captura <i>S. lewini</i> .	13
Tabla 2. Atributos de productividad biológica para determinar la vulnerabilidad de sobrepesca en elasmobranquios.	14
Tabla 3. Valores de los parámetros de historia de vida de <i>S. lewini</i> y atributos de productividad usados para determinar su vulnerabilidad de sobreexplotación.	14
Tabla 4. Atributos de susceptibilidad de captura usados para determinar la vulnerabilidad de sobrepesca.	15
Tabla 5. Criterios para calificar la calidad de los datos utilizados para evaluar los atributos de productividad biológica y susceptibilidad de captura de una población evaluada.	16
Tabla 6. Criterios para determinar el peso de los atributos de productividad biológica y susceptibilidad de captura.	17
Tabla 7. Estacionalidad de las pesquerías y zonas de pesca.	19
Tabla 8. Productividad biológica (PB), susceptibilidad de captura (SC) y vulnerabilidad o riesgo de sobreexplotación (V) de <i>S. lewini</i> en pesquerías del Golfo de México (ordenados de acuerdo a su valor de vulnerabilidad).	22
Tabla 9. Calificación de peso, valor y calidad de los datos de los atributos de productividad biológica para <i>S. lewini</i> de acuerdo a la región (GM=Golfo de México, NA=Norte América, IGS=Información General de la Especie) y al tipo de documento revisado (AC=Artículo Científico, L=Libro).	35
Tabla 10. Ponderación establecida y calidad de los datos para los diferentes atributos de productividad y susceptibilidad.	36
Tabla 11. Calificación de los valores asignados a los atributos de susceptibilidad de captura de las pesquerías de Tabasco donde <i>S. lewini</i> forma parte de la captura dirigida, multiespecífica e incidental: bandera/balá palangre (BB(P)), huachinango palangre (H(P)), robalo red (R [®]), sierra red (S [®]), tiburón palangre/cimbra (T(P)©).	37
Tabla 12. Calificación de los valores asignados a los atributos de susceptibilidad de captura de las pesquerías de Campeche donde <i>S. lewini</i> forma parte de la captura dirigida, multiespecífica e incidental: sierra red (S [®]), robalo red (R [®]), cazón red (C [®]), bandera/balá palangre (BB(P)), raya/tiburón red (RT [®]), tiburón red (Cd. Carmen) (T [®]), chopa red (Ch [®]), cazón red (Nvo. Campechito) (CNv [®]), multiespecífica red (M [®]).	38
Tabla 13. Calificación de los valores asignados a los atributos de susceptibilidad de captura de las pesquerías de Yucatán donde <i>S. lewini</i> forma parte de la captura dirigida, multiespecífica e incidental: raya/tiburón red (RT [®]), mero palangre (M(P)), carito/cazón red (CC [®]), tiburón cimbra (T©).	39
Tabla 14. Calificación de peso, valor y calidad de los datos de los atributos de susceptibilidad para la pesquería de bandera/balá en Tabasco en donde <i>S. lewini</i> forma parte de la captura incidental.	41
Tabla 15. Calificación de peso, valor y calidad de los datos de los atributos de susceptibilidad para la pesquería de sierra en Campeche en donde <i>S. lewini</i> forma parte de la captura incidental.	42
Tabla 16. Calificación de peso, valor y calidad de los datos de los atributos de susceptibilidad para la pesquería de raya/tiburón en Yucatán en donde <i>S. lewini</i> forma parte de la captura objetivo.	43

1. Resumen

De acuerdo con sus características biológicas y su incidencia en la pesca artesanal, los tiburones son especies vulnerables a la sobrepesca, por lo que surge la necesidad de evaluar el grado de riesgo o vulnerabilidad. Una de las principales especies que son capturadas en el sur del Golfo de México, es el tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834), que tiene una vulnerabilidad media-alta en 18 pesquerías de los estados Tabasco, Campeche y Yucatán. Su riesgo es moderado (vulnerabilidad media-alta) a pesar de tener una productividad biológica baja, debido a que tiene fecundidad relativamente alta, a una distribución amplia y a que son especies migratorias, lo que limita su grado de susceptibilidad de captura en las diferentes pesquerías de la región. Sin embargo, aunque todas las pesquerías representan un riesgo moderado para la especie, hay siete pesquerías que generan mayor riesgo y que requieren especial atención para evitar que ese nivel de riesgo se incremente. En las pesquerías se capturan diferentes estadios de *S. lewini*, aunque principalmente juveniles, que son susceptibles de ser capturados en los métodos de pesca utilizados, como las redes de monofilamento y multifilamento de las diversas y variadas pesquerías. Se recomienda realizar un análisis demográfico de la especie, y poner especial atención en las capturas de *S. lewini* en al menos las siete pesquerías en donde se obtuvo el riesgo más alto. Para reducir la vulnerabilidad de la especie, se debe de dar seguimiento al cumplimiento de las medidas de manejo implementadas en México.

Palabras clave: vulnerabilidad, *Sphyrna lewini*, Golfo de México, pesquerías productividad biológica, susceptibilidad de captura.

2. Introducción

Los tiburones del género *Sphyrna* se distribuyen en los mares tropicales y templados del mundo, sobre o junto a las plataformas continentales e insulares y en las montañas submarinas, desde la superficie y hasta por lo menos 275 m de profundidad; a veces forman grandes cardúmenes (Compagno *et al.*, 2005).

El tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) también conocido como cornuda común es una de las principales especies de tiburones pelágicas que habitan las zonas costeras mexicanas del Pacífico y del Atlántico (CONAPESCA-INP, 2004), aparece con mayor frecuencia en las capturas del centro y sur del Pacífico Mexicano, Golfo de California y sur del Golfo de México (Pérez-Jiménez, 2014; Pérez-Jiménez *et al.*, 2012a). En la última década, periodo 2000-2010, su frecuencia disminuyó con respecto a las dos décadas anteriores, principalmente para el sur del Golfo de México (Campeche y Tabasco) (Pérez-Jiménez *et al.*, 2012a).

Existen unidades de pesca dirigida a tiburones y unidades de pesquería donde se capturan de manera incidental con volúmenes superiores al 20 %, por lo que se consideran pesquerías no dirigidas (Castillo-Géniz *et al.*, 2008). La pesquería dirigida al tiburón está representada por tres unidades de pesquería: la ribereña artesanal que se lleva a cabo a lo largo de los dos litorales marinos con embarcaciones menores a 10.5 m de eslora; la de mediana altura, que se lleva a cabo con embarcaciones de entre 10 y 27 m de eslora en aguas costeras de ambos litorales; y la pesca de altura en donde operan embarcaciones de más de 27 m de eslora que capturan tiburón tanto en aguas costeras como en aguas oceánicas dentro de la Zona Económica Exclusiva del Océano Pacífico (Diario Oficial de la Federación, 2007).

La pesca de la cornuda común en el Pacífico Mexicano es de tipo artesanal, pesca de mediana altura y de altura; mientras que en el Golfo de México la actividad solo se realiza con embarcaciones menores (pesca artesanal). Independientemente de las embarcaciones, el sistema de captura se basa en el uso de dos tipos principales de artes de pesca: palangres y redes de enmalle (Castillo-Géniz *et al.*, 2008).

Debido a los hábitos costeros de *S. lewini* (Compagno *et al.*, 2005), puede ser susceptible de ser capturado por los equipos de pesca utilizados en la pesquería artesanal (palangres y redes) (Furlong-Estrada *et al.*, 2015). En las aguas costeras de Tabasco y Campeche (entre \pm 20-50 Km), las capturas de esta especie están compuestas principalmente por juveniles (Pérez-Jiménez & Méndez-Loeza, 2015), lo que genera preocupación por los efectos de esta extracción para el estado de la población de la especie.

En México existen varios instrumentos de manejo para tiburones, la Carta Nacional Pesquera (Diario Oficial de la Federación, 2012), la NOM-029-PESC-2006 (Diario Oficial de la Federación, 2007), la veda del 15 de mayo al 15 de junio y agosto en los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán (Diario Oficial de la Federación, 2014) y medidas

internacionales como la reciente inclusión de algunos tiburones martillo en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (septiembre 2014). Sin embargo, no se ha logrado revertir el problema de sobreexplotación, debido al desconocimiento de la biología de las especies y de los aspectos socioeconómicos de las comunidades pesqueras, así como también debido a la falta de inspección y vigilancia de las pesquerías, teniendo como resultado la disminución de las poblaciones de especies comerciales (Pérez-Jiménez *et al.*, 2012a).

La falta de registros históricos de captura y esfuerzo para esta especie ha impedido el uso de modelos convencionales de evaluaciones de poblaciones. Por ello, recientemente, las evaluaciones de riesgo ecológico por efectos de la pesca han tomado importancia a nivel mundial (Braccini *et al.*, 2006; Tovar-Ávila *et al.*, 2010; Hobday *et al.*, 2007).

La evaluación de riesgo ecológico por efectos de la pesca, es un método que permite la rápida identificación de especies en riesgo debido a los efectos de la pesca y, provee la base sobre la cual se implementarán las acciones de manejo (Walker, 2005). Es un análisis muy completo, dividido en tres niveles jerárquicos que permiten hacer un estudio semi-cuantitativo de manera eficaz y rápida. Este método, permite hacer la evaluación de las poblaciones con la información disponible de historia de vida de las especies y las características de las pesquerías. En uno de los niveles de la evaluación (Análisis de Productividad y Susceptibilidad <<APS>>), se estima la productividad biológica y la susceptibilidad de captura con la información obtenida de monitoreos de las pesquerías. Al realizar la comparación de ambas estimaciones se puede determinar, por ejemplo, qué especies con baja productividad biológica y alta susceptibilidad de captura en las pesquerías serán especies con alto riesgo a los efectos de la pesca (Braccini *et al.*, 2006; Tovar-Ávila *et al.*, 2010).

En este trabajo, se integrarán datos biológicos y pesqueros para estimar vulnerabilidad o riesgo por efectos de la pesca del tiburón martillo *Sphyrna lewini* en el sur del Golfo de México, con el fin de contribuir con elementos para hacer propuestas de conservación y de manejo pesquero.

3. Antecedentes

Bonfil (1997) hace una recopilación y menciona que hay pocos estudios sobre la biología de los tiburones en el Golfo de México, y los trabajos que existen son principalmente del norte del Golfo de México, costa este de Estados Unidos de América y otras partes del mundo. Existe información acerca de cuestiones específicas sobre la pesquería de *S. lewini* en el Pacífico. Mientras que, en el sur del Golfo de México, esta información es incompleta, ya que solo se describen algunos aspectos pesqueros, cuestiones reproductivas y alimenticias.

3.1 Pacífico Mexicano

Anislado-Tolentino (2000) integró datos ecológicos y poblacionales, obteniendo información biológico-pesquera de 4 692 organismos de *S. lewini*, recolectados durante 11 años (junio 1987 a febrero 1998) en el litoral del estado de Michoacán. Encontró una reducción de la edad reproductiva como mecanismo de regulación frente a la presión pesquera. Además, señala a la costa michoacana como una potencial área de crianza de *S. lewini*, debido a la presencia de hembras grávidas, neonatos y juveniles.

Por otro lado, de acuerdo con el Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México (CONAPESCA-IPN, 2004), en el Golfo de Tehuantepec *S. lewini* es la segunda especie más importante en relación a los índices de captura, considerando a esta región como de agregación de hembras grávidas; sin embargo, es posible que solo se esté pescando una fracción de estos organismos ya que el mayor porcentaje se encuentra en aguas de Centroamérica, por lo que es importante realizar estudios enfocados a definir las áreas de crianza en aguas del Pacífico centro sur. Mientras que en el Pacífico Mexicano se cuenta con información sobre la distribución espacio-temporal, temporadas reproductivas, tallas de madurez sexual, tipo de reproducción, fecundidad y alimentación para *S. lewini*.

Alejo-Plata *et al.* (2007) analizó la presencia de neonatos y juveniles de *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839) y *S. lewini* (Griffith & Smith, 1834), así como de hembras grávidas en diferentes estadios de desarrollo, como evidencias de la utilización de la costa de Oaxaca, México, como potencial área de nacimiento y crianza de tiburones de estas especies.

Pérez-Jiménez (2014) realizó un estudio para determinar la disminución o extirpación de especies de tiburón martillo en algunas regiones del Pacífico Mexicano. Debido a la falta de datos de captura y esfuerzo estandarizados se impide el análisis de las tendencias temporales en la abundancia, por lo que se utilizaron datos de monitoreos de campo realizados desde 1990 a mediados de los años 2000 en el Golfo de California. Se analizaron 19 estudios dependientes de la pesca registrando un total de 207 405 tiburones, 28 041 tiburones martillo o cornuda común (13.5 %). El tiburón martillo más

frecuente en las capturas fue *S. lewini* con 23 515 especímenes (11.3 % de los tiburones totales y el 83.8 % entre especies de tiburón martillo).

Furlong-Estrada *et al.* (2015) estimaron la capacidad de *Sphyrna lewini*, *Rhizoprionodon longurio* y *Carcharhinus falciformis* para recuperarse de los efectos de la pesca, con base en su potencial de recuperación (r_{2M}), analizando los factores que pueden estar favoreciendo su capacidad de sostener capturas aparentemente estables en la región (entrada del Golfo de California). Las capturas estuvieron dominadas por juveniles de *S. lewini* durante todo el periodo analizado; esto y su contribución constante a las capturas sugiere una aparente estabilidad poblacional. Sin embargo, se necesitan urgentemente otras evaluaciones cuantitativas de las poblaciones de estas especies para determinar los niveles óptimos de extracción en la región.

3.2 Golfo de México

Pérez-Jiménez *et al.* (2012a) comparó estadísticas de volumen de producción oficiales de elasmobranquios con literatura científica, literatura gris y muestreos biológico-pesqueros realizados en el periodo 2007-2009 proporcionando una revisión del estado de las pesquerías de tiburones y rayas en el sureste del Golfo de México. Después de 40 años de explotación intensa se observa una disminución de la producción desde los noventas; una disminución de las operaciones pesqueras sobre cazones y rayas, que se realizan cada vez más lejos de la costa; así como una disminución de las capturas de tiburones (principalmente de la familia Carcharhinidae y Sphyrnidae). Aunque es indiscutible la disminución para cada especie o grupos, es difícil determinar la magnitud con la que se lleva a cabo.

Pérez-Jiménez & Méndez-Loeza (2015) describieron las pesquerías de pequeña escala o artesanales de tiburones en el sur del Golfo de México y analizaron las estrategias para la evaluación y manejo. Se describieron el esfuerzo, artes de pesca, áreas y composición de la captura, a través de monitoreos dependientes de la pesca; la dinámica de la flota y el comercio fueron evaluados a través de entrevistas con pescadores, permisionarios y comerciantes. Concluyeron que las pesquerías del Golfo de México son complejas y que capturan una variedad de especies vulnerables, entre ellas figura *S. lewini* con ejemplares capturados en Tabasco y Campeche.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Benítez *et al.*, 2015) realizó un taller de evaluación de productividad, susceptibilidad y manejo de tiburones mexicanos listados en el Apéndice II de la CITES. Dividieron ambos litorales mexicanos (Pacífico y Atlántico) en seis zonas de pesca. *Sphyrna lewini* mostró una vulnerabilidad intermedia (valores menores a 2) en todas las zonas y tipos de flota evaluados. Estos resultados, serán de utilidad para la emisión de Dictámenes de Extracción no Perjudicial (NDF por sus siglas en inglés), ya que aportan información con respecto al origen de las

capturas en términos de la vulnerabilidad y riesgo por manejo de las especies en las zonas de extracción a nivel de zona de pesca y litoral.

Tovar-Ávila *et al.* (2016) realizaron un análisis de productividad y susceptibilidad en donde demostraron que el riesgo ecológico por efectos de las pesquerías mexicanas es alto para las especies incluidas en la CITES con distribución en México (*S. lewini*, *S. zygaena*, *S. mokarran*, *C. longimanus*, *C. carcharias*, *R. typus* y *Cetorhinus maximus*). Los tiburones martillo presentan el mayor grado de vulnerabilidad entre las especies analizadas, derivado de su mayor disponibilidad y su importancia comercial.

4. Hipótesis

Debido a las características biológicas de los tiburones y su incidencia en la pesca artesanal, el tiburón martillo o cornuda común *Sphyrna lewini*, una de las principales especies capturadas en el sur del Golfo de México, presentará una vulnerabilidad alta en las diferentes pesquerías de la zona de estudio.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Evaluar el riesgo ecológico por efectos de la pesca de *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en sur del Golfo de México.

5.2 Objetivos Particulares

- Caracterizar las fuentes de mortalidad por pesca del tiburón martillo: tipos de pesquerías, equipos, zonas y temporadas de pesca.
- Estimar la productividad biológica de *S. lewini*.
- Estimar la susceptibilidad de captura para las diferentes fuentes de mortalidad de *S. lewini*.
- Evaluación de riesgo ecológico por los efectos de la pesca de *S. lewini*.

6. Materiales y Métodos

6.1 Área de Estudio

El área de estudio abarcó el litoral de los estados del sur del Golfo de México: Tabasco, Campeche, Yucatán (Fig. 1).

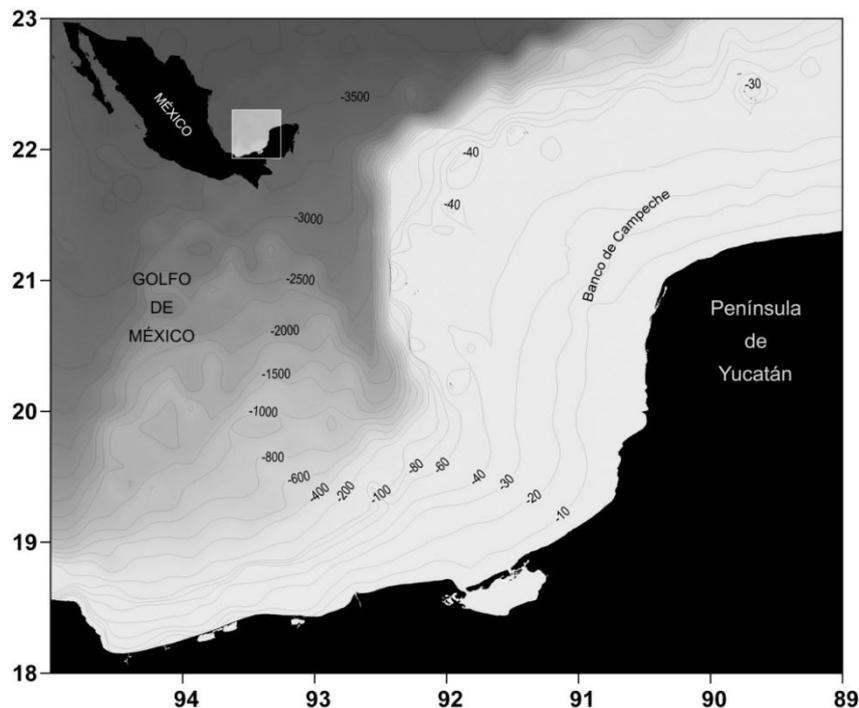


Fig. 1 Mapa del Área de Estudio en el sur del Golfo de México (Batimetric Data from NOAA's NGDC ETOPO1 Global Gridded 1-minute Database). FUENTE: Laboratorio de Ecología Pesquera de ECOSUR unidad Campeche.

6.2 Sistemática y Diagnóstico de la especie

(Compagno *et al.*, 2005)

Orden: Carcharhiniformes Compagno, 1973

Familia: Sphyrnidae Linnaeus, 1758

Género: Sphyrna Rafinesque, 1810

Especie: *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834)

Nombres comunes:

- Español: tiburón martillo, cornuda común, cornuda
- Inglés: scalloped hammerhead shark

Descripción: tiburón de gran talla con cabeza ampliamente arqueada y expansiones estrechas, escotadura central y dos muescas laterales más pequeñas. Dientes triangulares, de base ondulada, bordes lisos, excepto en ejemplares de más de 170 cm, donde aparece una débil e irregular aserración. Fórmula dental 15/15 o 16-0/16-1, excluyendo los dientes sinficiales. Primera aleta dorsal recta no inclinada hacia atrás moderadamente alta, su margen libre nunca llega al origen de las pélvicas, segunda aleta dorsal menor que la anal, base de la aleta anal más larga que la base de la segunda dorsal,

pedúnculo caudal con fosa precaudal en forma de media luna en la parte dorsal. Puntas de las aletas pectorales y de las dorsales negras, dorso grisáceo y blanco amarillento en la región ventral y flancos oscurecidos (Fig. 2).



Fig. 2 Vista lateral de *Sphyrna lewini*. FUENTE: Mendoza-Treviño, 2012.

Distribución: pantropical, subtropical y aguas templadas. Atlántico Occidental: de Nueva Jersey a Brasil, incluyendo el Golfo de México, Caribe y las Bahamas. Atlántico Oriental: de Senegal a Zaire y el Mediterráneo. Indo-Pacífico Occidental: de Sudáfrica al Mar Rojo, Pakistán, India, Islas Malvinas, Tailandia, Archipiélago Indonesio y Filipinas. Pacífico Occidental: China, Japón, Australia, Nueva Caledonia. Pacífico Central: Hawaii, Tahití. Pacífico Oriental: de Baja California Sur y Golfo de California a Ecuador.

Aspectos biológicos: probablemente es el tiburón martillo más abundante. Es considerado como un tiburón pelágico-costero, se le localiza en las cercanías de las playas, deltas de ríos, y estuarios, e incluso llegan a incursionar dentro de los ríos. Se ha encontrado hasta los 275 m de profundidad. Las crías y juveniles se encuentran en aguas someras de la costa. Esta especie puede formar cardúmenes (de 30 a 200 individuos) o vivir solitariamente, además, hay lugares donde las poblaciones son migratorias y en otros son poblaciones residentes.

Las tallas reportadas para el nacimiento varían de 42 a 55 cm de longitud total, mientras que las tallas máximas para los adultos son de 370 a 420 cm de longitud total. Son tiburones vivíparos placentarios. El periodo de gestación varía de 9 a 10 meses. Los machos maduran entre los 140 y 165 cm, mientras que las hembras maduran aproximadamente a los 212 cm de longitud; el número de crías varía de 13 a 31. El alumbramiento ocurre en zonas de crianza que se caracterizan por ser aguas someras protegidas por bahías, ensenadas o bajos.

Pesquerías: es quizá el tiburón martillo más capturado en las pesquerías artesanales y de altura en los trópicos; lo mismo se le pesca con redes como con anzuelos, y las crías son

fáciles de capturar por sus agregaciones. La carne es consumida fresca, congelada, salpresada y ahumada; las aletas son usadas para preparar la base de la sopa de aleta; las pieles son usadas en la peletería; el aceite de hígado se usa como vitamínico; las mandíbulas y dientes para artesanías; el cartílago como medicina alternativa y los restos como harina. Aunque en realidad en ningún país se aprovecha integralmente.

6.3 Procedimiento

En esta investigación se utilizó información biológica pesquera generada en el periodo 2007-2013 por el Laboratorio de Ecología Pesquera de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), unidad Campeche, sobre la pesca comercial de tiburones en el sur del Golfo de México (Tabasco, Campeche y Yucatán), literatura científica, literatura gris (tesis, reportes técnicos, informes y talleres de pesca). Yo participé en los muestreos biológico-pesqueros durante los meses de agosto-diciembre del año 2012 y julio-noviembre del 2013 en la zona de estudio.

6.3.1 Caracterización de las fuentes de mortalidad por pesca del tiburón martillo

En los sitios de desembarque de la pesca comercial se realizaron entrevistas a pescadores y permisionarios o dueños de las bodegas y/o cooperativas, como parte de los muestreos biológico-pesqueros (Anexo 1), en donde se obtuvieron datos relacionados con el tipo de pesquería, equipos y artes de pesca, zona y temporada de pesca donde se captura *Sphyrna lewini*. Con esta información y la literatura consultada se construyó una base de datos que se organizó y clasificó de acuerdo al tipo de documento y región de procedencia. En algunos casos la falta de información sobre biología se sustituyó con información general para la especie de acuerdo con lo recomendado por Patrick *et al.* (2009).

Se define como pesquería (o fuente de mortalidad por pesca) a un grupo de embarcaciones que utilizan artes de pesca similares y que se dirigen a un conjunto de especies o poblaciones objetivo durante la misma época del año y aproximadamente en la misma región (Pérez-Jiménez & Méndez-Loeza, 2015). Un ejemplo, es la pesquería de chopra (pez óseo) que opera más de ocho meses al año por embarcaciones artesanales a menos de 20 km de distancia de la costa de Campeche, en donde se utilizan redes de monofilamento de 20 cm de luz de malla y donde se captura *S. lewini* de manera incidental (Laboratorio de Ecología Pesquera de ECOSUR).

6.3.2 Evaluación de riesgo ecológico por los efectos de la pesca de *S. lewini*

La Evaluación de Riesgo Ecológico por los Efectos de la Pesca (por sus siglas en inglés: ERAEF) contiene tres niveles jerárquicos de evaluación independientes, y que pueden ser utilizados directamente si se considera necesario. El primer nivel, llamado Análisis de Escala de Intensidad y Consecuencias, utiliza información existente y conocimientos de expertos sobre una pesquería para identificar riesgos y consecuencias de las actividades de pesca en: 1) especies objetivo, 2) especies comercializadas o de descarte, 3) especies amenazadas, en peligro o protegidas, 4) hábitats y 5) comunidades. El segundo nivel, llamado Análisis de Productividad y Susceptibilidad, es aplicado a los componentes que en el primer nivel de evaluación hayan sido catalogados con riesgo moderado o alto. Este nivel cataloga el riesgo de una población en bajo, moderado o alto, tomando en cuenta su resiliencia o capacidad de recuperación ante la sobreexplotación (debido a su productividad biológica) y susceptibilidad a ser capturada por un método de pesca determinado (susceptibilidad de captura). Por último, el tercer nivel llamado Evaluación Cuantitativa, involucra una valoración totalmente cuantitativa, basada en un modelo, para determinar exhaustivamente los efectos de la pesca en poblaciones catalogadas con moderado o alto riesgo por el segundo nivel (Cotter & Lart, 2011).

En el primer nivel se involucra la evaluación cualitativa basada en el juicio experto para cada método de pesca que puede afectar a la especie. Dentro de estos métodos de pesca, existen siete actividades asociadas (captura, mortalidad críptica, pérdida de equipo, translocación de especies, procesamiento a bordo y descarte de capturas, aprovisionamiento y contaminación) que también repercuten a la misma. Cada actividad relacionada con la pesca del componente no objetivo se evalúa mediante el uso del Análisis de Escala Espacial y Temporal de Intensidad y Consecuencias. Este enfoque implica asignar un puntaje de 1 a 6 a cada escala espacial y temporal, intensidad y consecuencia de la actividad de pesca. Los métodos de pesca con actividades pesqueras con un puntaje de consecuencia ≤ 2 se eliminan de las evaluaciones posteriores, mientras que los métodos con puntuaciones más altas se someten a una evaluación más profunda en el nivel 2. Para el segundo nivel, la especie se evalúa en función de su productividad biológica y susceptibilidad de captura (Braccini *et al.*, 2006).

6.3.3 Análisis de Productividad y Susceptibilidad

En el presente proyecto se aplicó el segundo nivel de evaluación (Análisis de Productividad y Susceptibilidad) del ERAEF. Lo anterior considerando que el riesgo de las poblaciones de elasmobranquios en la zona es alto para el primer nivel (Análisis de Escala de Intensidad y Consecuencias) del ERAEF (Braccini *et al.*, 2006) debido a la presencia de diversas pesquerías y a la importancia comercial de las especies.

El riesgo de sobreexplotación o vulnerabilidad de la población de *S. lewini* reportado en la zona se determinó con base en su productividad biológica (PB) y la susceptibilidad de

captura (SC) para cada equipo de pesca (tipo de pesquería) (Tabla 1), utilizando el programa Análisis de Productividad y Susceptibilidad (PSA) de la NOAA, versión 1.4 (Marzo, 2010) (<http://nft.nefsc.noaa.gov/PSA.html>), elaborado por la National Marine Fisheries Service (NMFS) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos. El programa integra la mejor información disponible sobre las pesquerías y biología de las especies (Patrick *et al.*, 2009), por lo que se utilizó información de *S. lewini* de la zona de estudio, a partir de literatura y datos generados por el Laboratorio de Ecología Pesquera de ECOSUR (unidad Campeche) desde 2007.

Tabla 1. Pesquerías del sur del Golfo de México donde se captura *S. lewini*.

EQUIPO	ESTADO		
	TABASCO	CAMPECHE	YUCATÁN
RED MONOFILAMENTO	Robalo (15-18) Sierra (11.5)	Robalo (15-18) Sierra (11.5) Chopa (20) Cazón (Nuevo Campechito) (11.5)	Carito/Cazón (11.5)
RED SEDA		Raya/Tiburón (30-36) Tiburón (30)	Raya/Tiburón (30)
RED MONOFILAMENTO Y SEDA		Cazón (Campeche) (11.5) Multiespecífica (MI*) (7-13)	
PALANGRE	Bandera/Balá (4.5)	Bandera/Balá (4.5)	Mero (3-3.5)
CIMBRA			Tiburón (6)
PALANGRE Y CIMBRA	Tiburón (MD**) (6-8)		
LÍNEA DE MANO	Huachinango (3-3.5)		

*(MI) Multiespecífica-Incidental, el objetivo de la pesquería se modifica dependiendo de la temporada.

** (MD) Mediana Altura, tipo de embarcación.

() El número en paréntesis corresponde a la luz de malla (cm) en red monofilamento y red seda y, número de anzuelo en palangre y cimbra.

6.3.3.a Productividad biológica de *S. lewini*

Para el análisis de productividad biológica de *Sphyrna lewini* se evaluaron los atributos con base en la revisión de literatura: r , edad máxima, longitud máxima, constante de crecimiento de von Bertalanffy (k), mortalidad natural (M), fecundidad, edad de madurez, nivel trófico, longitud de madurez (L_{50}) y ciclo reproductivo. Cada atributo recibió un valor de 3 (alto), 2 (medio) y 1 (bajo), del más alto al más bajo. La clasificación de los valores fue tomada de Pérez-Jiménez *et al.* (2014), elaborada de acuerdo con la variabilidad conocida para las especies de tiburones y rayas utilizada para estimar la PB de cualquier elasmobranquio (Tabla 2). Los parámetros biológicos para estimar la productividad biológica fueron obtenidos de diversas fuentes (Tabla 3).

Tabla 2. Atributos de productividad biológica para determinar la vulnerabilidad de sobrepesca en elasmobranquios.

Atributo de productividad	Definición	Clasificación		
		Alto (3)	Moderado (2)	Bajo (1)
Crecimiento de la población (r)	Tasa máxima de crecimiento de la población que ocurriría en ausencia de pesca.	> 0.5	0.16 – 0.5	< 0.16
Edad máxima	Edad promedio máxima esperada, para la población en condiciones naturales.	< 10 años	10 – 20 años	> 20 años
Longitud máxima	Longitud máxima registrada para la especie.	< 150 cm	150 – 250 cm	> 250 cm
Constante de crecimiento de von Bertalanffy (k)	Es un valor que cuantifica la velocidad a la que un pez alcanza su talla máxima.	> 0.3	0.05 – 0.3	< 0.05
Mortalidad natural estimada	Proporción de peces que mueren por causas ajenas a la pesca (depredación, envejecimiento o enfermedad).	> 0.3	0.1 – 0.3	< 0.1
Fecundidad	Número de crías promedio producidas por una hembra de talla/edad determinada.	> 15 crías	4 – 15 crías	< 4 crías
Edad de madurez	Edad a la que un organismo alcanza la madurez sexual.	< 4 años	4 – 10 años	> 10 años
Nivel trófico	Categoría en las que se clasifican los seres vivos según su forma de obtener energía.	< 3.3	3.3 – 3.8	> 3.8
Longitud de madurez	Longitud a la que un organismo de un sexo determinado es maduro.	< 100 cm	100 – 150 cm	> 150 cm
Ciclo reproductivo	Periodicidad con la que la especie se reproduce.	Bianual	Anual	Bienal

*Mortalidad natural estimada ($M=1.6*k$) (Jensen, 1996).

Tabla 3. Valores de los parámetros de historia de vida de *S. lewini* y atributos de productividad usados para determinar su vulnerabilidad de sobreexplotación.

Atributos de productividad	Datos	Clasificación*			Referencias
		Alto (3)	Moderado (2)	Bajo (1)	
Crecimiento de la población (r)	0.028	> 0.5	0.16-0.5	< 0.16	Fowler <i>et al.</i> (2005)
Edad máxima (años)	30.5	< 10	10-20	> 20	Piercy <i>et al.</i> (2007)
Longitud máxima (cm)	265	< 150	150-250	> 250	Base de datos ECOSUR
Constante de crecimiento de von Bertalanffy (k)	0.09-0.130	> 0.3	0.05-0.3	< 0.05	Piercy <i>et al.</i> (2007)
Mortalidad natural estimada	0.144-0.208	> 0.3	0.1-0.3	< 0.1	Piercy <i>et al.</i> (2007)
Fecundidad (número de crías)	13-31	> 15	4-15	< 4	Compagno <i>et al.</i> (2005)
Edad de madurez (años)	15	< 4	4-10	> 10	Fowler <i>et al.</i> (2005)
Nivel trófico	4.1	< 3.3	3.3-3.8	> 3.8	Cortés (1999)
Longitud de madurez (cm)	210	< 100	100-150	> 150	Castro (2011)
Ciclo reproductivo	Anual	Bianual	Anual	Bienal	Fowler <i>et al.</i> (2005)

*Se resaltan en negro los valores de los atributos de productividad usados para determinar la vulnerabilidad de *S. lewini*.

6.3.3.b Susceptibilidad de captura para las diferentes fuentes de mortalidad de *S. lewini*

Para la estimación de susceptibilidad de captura para cada pesquería (fuentes de mortalidad), los atributos evaluados fueron: estrategia de manejo, traslape horizontal (disponibilidad), concentración geográfica, traslape vertical (posibilidad de encuentro), migraciones estacionales, agregaciones y otras respuestas de comportamiento, morfología afecta la captura, sobrevivencia post-captura, tamaño de la flota, estacionalidad de la pesquería, deseabilidad o valor de la pesquería, y selectividad del equipo. Cada atributo recibió un valor de 3 (alto), 2 (medio) y 1 (bajo), del más alto al más bajo (Modificado de Patrick *et al.*, 2009) (Tabla 4).

Tabla 4. Atributos de susceptibilidad de captura usados para determinar la vulnerabilidad de sobrepesca.

Atributo de susceptibilidad	Definición	Clasificación		
		Bajo (1)	Moderado (2)	Alto (3)
Estrategia de manejo	Con protección especial o estrategia de manejo.	Protección especial (captura prohibida)	Vedas temporales	Sin protección y sin vedas
Traslape horizontal (disponibilidad)	Interacción entre flota pesquera y población (plano horizontal).	< 25% de la población en área de pesca	25%-50%	> 50%
Concentración geográfica	% que la especie ocupa de toda su distribución.	> 50%	25%-50%	< 25%
Traslape vertical (posibilidad de encuentro)	Interacción entre equipo de pesca y población (en columna de agua).	< 25%	25%-50%	> 50%
Migraciones estacionales	Migraciones de la población hacia o desde la zona de pesca.	< Interacción con pesquería	No afectan interacción con pesquería	> Interacción con pesquería
Agregaciones	Agregaciones por alimentación o reproducción (2-3 meses).	< Interacción con pesquería	No afectan interacción con pesquería	> Interacción con pesquería
Morfología afecta la captura	Morfología de la especie la hace más vulnerable al equipo de pesca.	< Selectividad al equipo de pesca	Selectividad moderada al equipo de pesca	> Selectividad al equipo de pesca
Sobrevivencia post-captura	% de sobrevivencia post-captura cuando es liberada o descartada.	> 67%	33%-67%	< 33%
Tamaño de flota pesquera	Número de embarcaciones.	< 100	100-300	> 300
Estacionalidad de pesquería	Meses que opera flota pesquera.	< 4	4-8	> 8
Deseabilidad o valor de la pesquería	Especie objetivo de pesquería o parte de captura incidental.	Captura incidental (bajo valor o sin valor)	Captura incidental (valor medio a alto)	Objetivo de la pesquería
Selectividad del equipo de pesca (CPUE)	Eficiencia del equipo de pesca para capturar la especie.	< 3	3-10	> 10

Cada término puede ser estimado matemáticamente o asignarle arbitrariamente un valor acorde a su probabilidad (Walker, 2005). El laboratorio de Ecología Pesquera de ECOSUR unidad Campeche ha generado una base de datos de las pesquerías en el estado de Campeche, en donde se ha determinado la captura dirigida, multiespecífica e incidental de cada especie de tiburones, los artes de pesca utilizados en los varios tipos de pesquería y el CPUE por tipo de pesquería (Pérez-Jiménez *et al.*, 2012b). Con esa información y asesoría de expertos, se estimaron cada uno de los atributos que componen la susceptibilidad de captura.

6.3.3.c Calidad de los datos

La evaluación es para pesquerías con datos limitados, por lo tanto, se usan los valores disponibles de la población que está siendo evaluada, de la población más cercana o de especies del mismo género, según la disponibilidad de datos. La calidad de los datos se evalúa en función de su procedencia y de la confianza en su estimación, en una escala de 1 a 5, en la que los mejores datos se catalogan con 1 y con 5 cuando no hay datos disponibles (Patrick *et al.*, 2009), siendo alta (1-2), media (2-4) y baja (4-5) la clasificación otorgada para la calidad de la información (Tabla 5). Esta clasificación permite determinar las necesidades futuras de estimación de parámetros de historia de vida de las especies. En la actualidad, se cuenta con más información y confianza en las estimaciones de parámetros para *S. lewini*.

Tabla 5. Criterios para calificar la calidad de los datos utilizados para evaluar los atributos de productividad biológica y susceptibilidad de captura de una población evaluada.

Calidad de los Datos	Descripción	Ejemplo
1	Mejores datos: la información está basada en la recolección de datos para la población y/o especie en el área de interés que ha sido establecida.	Estudios acerca de la población o especie que provienen de datos tomados en campo y utilizando diversos métodos.
2	Información adecuada: información con cobertura o corroboración limitada, o por otras razones no se considera tan fiable como en el nivel 1.	Datos limitados sobre la distribución espacial o temporal, información relativamente anticuada, etc.
3	Datos limitados: datos estimados con gran variación y nivel de confianza limitada, pueden basarse en taxones con ciclos de vida similares.	Géneros similares o familias, etc.
4	Datos muy limitados: opinión de expertos o basados en literatura general de un amplio número de especies o fuera de la región.	Datos generales - sin referencias.
5	Sin datos: no existe información para dar un valor al atributo, no se incluye en el PSA, pero se incluye en el apartado de calidad de los datos.	

6.3.3.d Peso del atributo

A los atributos para estimar la productividad biológica y susceptibilidad de captura se les asignó un peso del 1 al 4 (de menor a mayor nivel de importancia) para determinar cuáles atributos tienen el mayor efecto en el resultado de PB y SC, de acuerdo con la historia de vida de *S. lewini* y su interacción con las artes de pesca (Patrick *et al.*, 2009). Por lo que, el mayor peso se le asignó a los atributos que pueden ser estimados con menor incertidumbre (e.g. longitud máxima, fecundidad) (Tabla 6) y la ponderación asignada a cada atributo se mantuvo igual para cada uno de los análisis. Estos criterios son aplicables para todos los elasmobranquios, no solo para esta especie de *Sphyrna* (Pérez-Jiménez *et al.*, 2014).

Tabla 6. Criterios para determinar el peso de los atributos de productividad biológica y susceptibilidad de captura.

Peso del atributo	Descripción
0	El atributo se elimina del análisis.
1	La importancia del atributo no aumenta, por lo tanto no es trascendente para la estimación de la productividad o susceptibilidad de un stock, sin embargo, debe tomarse en cuenta.
2	La importancia del atributo aumenta en un 200 %, sin embargo, aún no se le considera sustancial para la determinación de la productividad o susceptibilidad de un stock, por lo cual se toma con un valor intermedio.
3	La importancia del atributo aumenta en un 300 %, es decir, dicho atributo es de gran importancia para la determinación de la productividad o susceptibilidad de un stock.
4	La importancia del atributo aumenta en un 400 %, es decir, dicho atributo es medular en la determinación de la productividad o susceptibilidad de un stock.

Una vez evaluados los atributos de productividad biológica de *S. lewini* y susceptibilidad de captura de cada una de las pesquerías, así como el peso de los atributos y calidad de la información, los valores obtenidos fueron capturados en una base de datos (plantilla) del programa de la NOAA para estimar los valores de productividad biológica, susceptibilidad de captura y vulnerabilidad o riesgo de sobreexplotación (ver ejemplos en Anexo 2 Tabla 10 para productividad y Anexo 3, Tablas 14, 15 y 16 para susceptibilidad).

6.3.3.e Nivel de riesgo ecológico de *S. lewini* en las pesquerías del sur del Golfo de México

El nivel de riesgo ecológico por efectos de la pesca para la población de *S. lewini* se determinó con base en la elaboración de un gráfico comparando el nivel de productividad biológica (eje X) y la susceptibilidad de captura (eje Y) estimados. Para ello, se utilizaron los valores numéricos de susceptibilidad de captura y se asociaron a un valor numérico de cada nivel de productividad biológica. El área del gráfico se dividió en tres regiones. En un extremo del gráfico se ubicó la zona de riesgo ecológico alto (zona de susceptibilidad de captura alta y productividad biológica baja). En el extremo contrario se ubicó la zona de riesgo ecológico bajo (zona de susceptibilidad de captura baja y productividad biológica alta). Una tercera zona intermedia contiene las poblaciones de riesgo ecológico medio (susceptibilidad de captura y productividad biológica medias) (Cotter & Lart, 2011).

La productividad biológica y la susceptibilidad de captura tienen un intervalo de 1 a 3, en donde los valores cercanos a 1 representan productividad o susceptibilidad baja y los valores cercanos a 3 productividad o susceptibilidad alta. La estimación de la vulnerabilidad (v) se realiza como la distancia Euclidiana de los valores de Productividad (P) y Susceptibilidad (S):

$$v = \sqrt{[(P - X_0)^2 + (S - Y_0)^2]},$$

en donde v es la vulnerabilidad, P la productividad, S la susceptibilidad y X_0 y Y_0 son las coordenadas del origen (x,y) (Patrick *et al.*, 2010). El valor de vulnerabilidad tiene un intervalo de 0 a 2.83, en donde los valores cercanos a 0 indican baja vulnerabilidad y los valores cercanos a 2.83 indican alta vulnerabilidad.

7. Resultados

Desde 2007 se han realizado monitoreos con registros de desembarcos y entrevistas en el sur del Golfo de México, encontrándose 34 puertos pesqueros en los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán; en donde se ha documentado la captura de 2 309 individuos de la especie *S. lewini*, en 18 diferentes pesquerías (Tabla 7), por lo que se estimó el riesgo de sobreexplotación en cada una de ellas.

Tabla 7. Estacionalidad de las pesquerías y zonas de pesca.

No.	PESQUERÍA (Especie Objetivo)	ZONA DE PESCA (Distancia de la costa en Km)			No. DE MESES DE PESCA	
		<20	20-50	>50	(4-8)	(>8)
TABASCO						
1	Bandera/Balá		√			√
2	Huachinango			√	√	
3	Robalo	√				√
4	Sierra		√			√
5	Tiburón		√	√	√	
CAMPECHE						
6	Sierra		√		√	
7	Robalo	√				√
8	Cazón (Holiday Inn, San Román, Isla Arena)		√		√	
9	Bandera/Balá		√			√
10	Raya/Tiburón (Campeche y Champotón)			√		√
11	Tiburón (Cd. del Carmen)		√		√	
12	Chopa	√				√
13	Cazón (Nuevo Campechito)		√		√	
14	Multiespecífica (San Román) (MI*)	√				√
YUCATÁN						
15	Raya/Tiburón		√			√
16	Mero (MD**)		√	√	√	
17	Carito/Cazón		√		√	
18	Tiburón (MD**)		√	√	√	

*(MI) Multiespecífica-Incidental, el objetivo de la pesquería se modifica dependiendo de la temporada.

** (MD) Mediana Altura, tipo de embarcación.

Las especies objetivo capturadas en el sur del Golfo de México donde *S. lewini* es capturada de manera incidental son: bagre bandera (*Bagre marinus*), huachinango (especies de la familia Lutjanidae), robalo (*Centropomus undecimalis* y *C. poeyi*), sierra y carito (*Scomberomorus maculatus* y *S. cavalla*), mero (especies de la familia Serranidae), chopas (*Lobotes surinamensis*), tiburones (diversas especies que incluyen a *S. lewini*), rayas (principalmente raya pinta *Aetobatus narinari* y raya látigo blanca *Hypanus americanus* conocida como balá en la región), cazón (cazón de ley o tutzun *Rhizoprionodon*

terraenovae y cabeza de pala o pech *Sphyrna tiburo*) y la multiespecífica que incluye a numerosas especies de peces teleósteos.

La productividad biológica de *S. lewini* es baja (1.4, en la escala de 1-3) y no cambia para las diferentes pesquerías, porque los atributos biológicos no son afectados por las mismas.

Debido a la historia de vida de *S. lewini* (e.g. distribución amplia, altamente migratoria), el valor de seis de los atributos de susceptibilidad fue constante para 18 pesquerías del sur del Golfo de México (Tabasco, Campeche y Yucatán). Para traslape horizontal o disponibilidad se asignó un valor entre 1-2 (susceptibilidad media a baja) y concentración geográfica 1 (susceptibilidad baja) porque se considera que la distribución de la población se encuentra entre 25-50 % o menor a 25 % en la zona de pesca y la especie ocupa más del 50 % de toda su distribución. Para traslape vertical o posibilidad de encuentro es 2 (susceptibilidad media), salvo para una pesquería con un traslape de 3 (susceptibilidad alta), esto significa que el 25-50 % o, en su defecto, más del 50 % de la población se encuentra en la profundidad en la que operan los equipos de pesca (la evaluación de este parámetro depende del uso del hábitat de la especie y el equipo de pesca utilizado en el fondo como en la superficie). La morfología afecta su captura en el caso de redes mostrando una alta selectividad al equipo, por ello se asignó un valor de 3, aunque puede ser moderada en el caso de palangres y/o cimbras con un valor de 2. *Sphyrna lewini* realiza migraciones estacionales en la mayoría de las regiones, con excepción del Golfo de México oeste, por lo que se le asignó un valor de 3 al igual que al atributo de agregaciones (Anexo 2 Tabla 11, 12 y 13).

La deseabilidad o valor de la pesquería varía entre 2-3, dado que la especie es objetivo de pesquerías estacionales (tiburón, raya-tiburón, cazón y carito-cazón), tiene un valor económico alto, y sí son parte de la captura incidental tiene valor económico medio-alto. En cuanto a estrategia de manejo, las especies de tiburones cuentan con vedas temporales (más no con protección especial como el tiburón blanco *Carcharodon carcharias*), lo que corresponde a un valor de 2. Un valor de 3 corresponde a las especies de batoideos en el Atlántico donde no cuentan con vedas temporales ni protección especial, salvo algunas especies como la *Manta birostris* (Anexo 2 Tabla 11, 12 y 13).

La asignación de valores de los atributos tamaño de flota pesquera, estacionalidad de la pesquería y selectividad del equipo de pesca se realizó mediante la revisión de estudios biológico-pesqueros del Laboratorio de Ecología Pesquera ECOSUR que cuentan con registros del total de especies de tiburones y registros de *Sphyrna lewini* por región, así como también de estudios realizados por Pérez-Jiménez & Méndez-Loeza (2015) en la región del Golfo de México (Anexo 2 Tabla 11, 12 y 13).

La calidad de los datos para estimar la productividad biológica tuvo un valor de 2.6 y para la susceptibilidad de captura para cada una de las pesquerías fue de 2.18, lo que indica

una calidad media de acuerdo con la clasificación de calidad de información del programa PSA (versión 1.4, <http://nft.nefsc.noaa.gov/PSA.html>). Para productividad biológica, la información para el crecimiento de la población, mortalidad natural estimada, fecundidad, nivel trófico y ciclo reproductivo, fue obtenida para la especie, pero no de la región, por lo que se le asignó un valor de 3 en calidad de los datos; y para la longitud promedio de madurez tuvo un valor de 4 al igual que los atributos de susceptibilidad: migraciones estacionales, agregaciones y morfología afecta la captura (Anexo 2 Tabla 10).

El valor de peso de los atributos para la ponderación fue de 4, excepto para estrategia de manejo y sobrevivencia post-captura con 2. Ambos atributos son constantes para la mayoría de las especies de elasmobranquios, por lo que tienen una ponderación relativamente menor para la estimación de la susceptibilidad de captura (Pérez-Jiménez *et al.*, 2014) (Anexo 2 Tabla 10).

Los valores de susceptibilidad de captura más altos para *S. lewini* en Tabasco fueron para las pesquerías de bandera/balá con palangre y en la de sierra con red de monofilamento, ambas con 2.14 (susceptibilidad media-alta); y la estimación más baja fue para la pesquería de huachinango y tiburón con palangre, y la de robalo con red de monofilamento con 2.05 (susceptibilidad-media). Para Campeche el valor de susceptibilidad más alto fue para la pesquería de sierra y cazón con redes de monofilamento y seda, respectivamente, con un valor de 2.23 (susceptibilidad media-alta); y la estimación más baja fue para la pesquería de chopo con red de monofilamento con 1.86 (susceptibilidad media-baja). Para Yucatán el valor de susceptibilidad más alto fue para la pesquería de carito/cazón con red de monofilamento con un valor de 2.32 (susceptibilidad media-alta) y el más bajo fue para la pesquería de raya-tiburón con red de seda; la pesquería de mero con palangre y la de tiburón con cimbra tuvieron un valor de 2.05 (susceptibilidad media) (Tabla 8).

Tabla 8. Productividad biológica (PB), susceptibilidad de captura (SC) y vulnerabilidad o riesgo de sobreexplotación (V) de *S. lewini* en pesquerías del Golfo de México (ordenados de acuerdo a su valor de vulnerabilidad).

PESQUERÍA	EQUIPO	PB	SC	V
TABASCO				
Bandera/Balá	Palangre	1.4	2.14	1.96
Sierra	Red monofilamento	1.4	2.14	1.96
Huachinango	Línea de mano	1.4	2.05	1.91
Robalo	Red monofilamento	1.4	2.05	1.91
Tiburón	Palangre/Cimbra	1.4	2.05	1.91
CAMPECHE				
Sierra	Red monofilamento	1.4	2.23	2.02
Cazón	Red seda/monofilamento	1.4	2.23	2.02
Raya/Tiburón	Red seda	1.4	2.14	1.96
Multiespecífica	Red monofilamento/seda	1.4	2.14	1.96
Robalo	Red monofilamento	1.4	2.05	1.91
Tiburón	Red seda	1.4	2.05	1.91
Cazón	Red monofilamento	1.4	2.05	1.91
Bandera/Balá	Palangre	1.4	1.95	1.86
Chopa	Red monofilamento	1.4	1.86	1.82
YUCATÁN				
Carito/Cazón	Red monofilamento	1.4	2.32	2.07
Raya/Tiburón	Red seda	1.4	2.05	1.91
Mero	Palangre	1.4	2.05	1.91
Tiburón	Cimbra	1.4	2.05	1.91

La vulnerabilidad o riesgo de sobreexplotación (intervalo de 0-2.83) más alta para *S. lewini* fue obtenida en las pesquerías de carito/cazón en Yucatán con 2.07 (vulnerabilidad media-alta), en la de sierra y cazón en Campeche con 2.02 (vulnerabilidad media-alta), en la de raya/tiburón y en la multiespecífica de Campeche con 1.96, y en la de bandera/balá y la de sierra de Tabasco con 1.96. La estimación de vulnerabilidad más baja fue para la pesquería de chopá con 1.82 seguida de la pesquería de bandera/balá con 1.86, ambas de Campeche.

En las 18 pesquerías del sur del Golfo de México, *S. lewini* tiene riesgo medio-alto, aunque en siete de estas el riesgo es mayor. *Sphyrna lewini* tiene un mayor riesgo sobreexplotación en las pesquerías de bandera/balá y sierra en Tabasco; en las de sierra, cazón (con red de seda), raya/tiburón y multiespecífica en Campeche; y la de carito/cazón en Yucatán (Fig. 3).

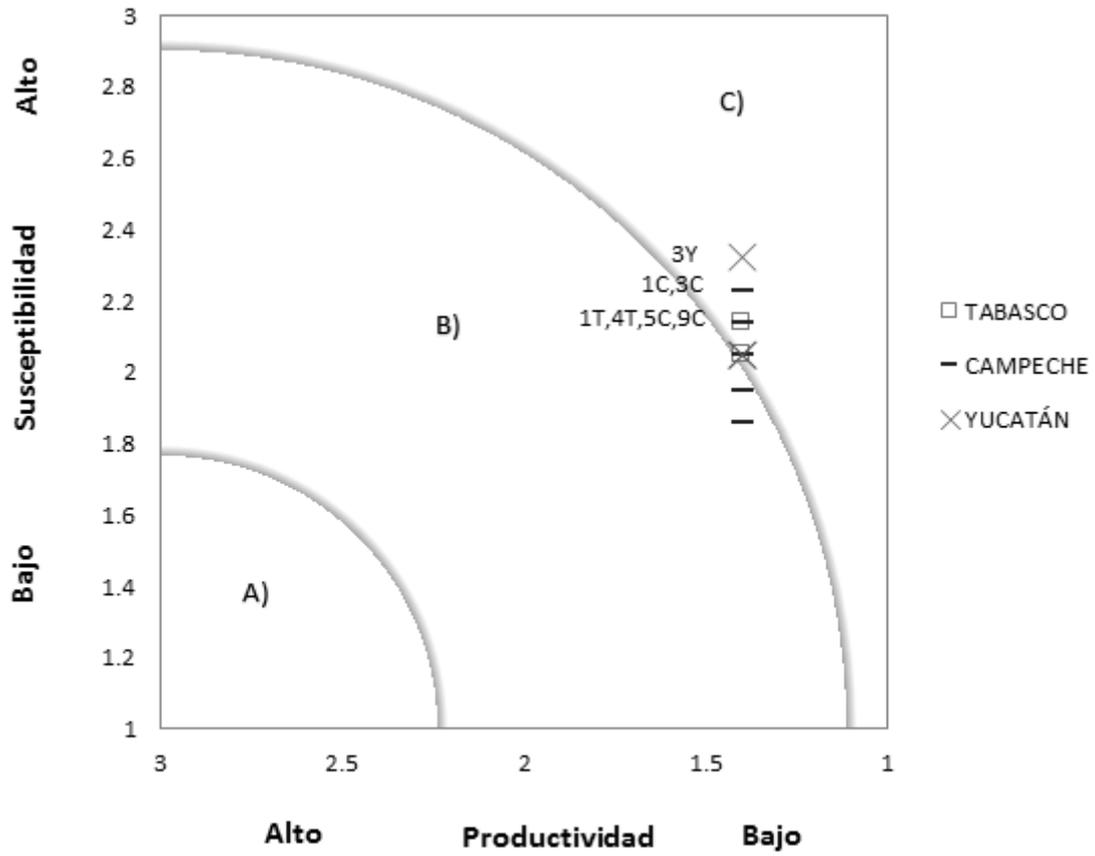


Fig. 3 Vulnerabilidad de *S. lewini* en las pesquerías del sur del Golfo de México. El gráfico está dividido en tres secciones (de izquierda a derecha): A) riesgo bajo, B) riesgo medio y, C) riesgo alto. Existen 7 pesquerías en la zona de riesgo alto (zona de SC alta y PB baja): carito/cazón en Yucatán (3Y), sierra (1C) y cazón con red de seda (3C) en Campeche, y bandera/balá (1T) y sierra (4T) en Tabasco, con el mismo riesgo se encuentran las pesquerías raya/tiburón (5C) y multiespecífica (9C) en Campeche.

8. Discusión

En el presente estudio se realizó una evaluación de riesgo ecológico por efectos de la pesca en donde se consideraron las fuentes de mortalidad que generan la mayor vulnerabilidad o riesgo de sobreexplotación para *Sphyrna lewini* en el sur del Golfo de México. A diferencia de otros trabajos que hacen evaluaciones por regiones (Cortés *et al.*, 2010; Benítez *et al.*, 2015; Tovar-Ávila *et al.*, 2016; Pérez-Jiménez *et al.*, 2014), en este estudio se evalúan las pesquerías que ocasionan un riesgo de sobreexplotación sobre la especie para cada una de las fuentes de mortalidad por pesca en los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán. Esta especie tiene una productividad biológica relativamente baja, tal y como lo reportan Cortés *et al.* (2010), Benítez *et al.* (2015), Tovar-Ávila *et al.* (2016), y Pérez-Jiménez *et al.* (2014); y que independientemente de la susceptibilidad de captura, le confiere una vulnerabilidad o riesgo de sobreexplotación moderada (Benítez *et al.*, 2015; Pérez-Jiménez *et al.*, 2014). La susceptibilidad de la especie a las pesquerías estudiadas fue media-alta para la mayoría, salvo en la de chopo (*Lobotes surinamensis*) que está ligeramente por debajo del promedio. Sin embargo, aunque todas representan un riesgo moderado (vulnerabilidad media-alta), hay siete pesquerías que generan mayor vulnerabilidad para la especie y que requieren especial atención para evitar que su riesgo aumente.

La estimación de la productividad de las especies puede ayudar en evaluaciones de riesgo de sobreexplotación. Esto se debe a que la productividad permite determinar el tiempo que sería necesario para que una especie se pueda recuperar de la sobrepesca. Una productividad baja ocasiona que la recuperación de la población sea más lenta (Patrick *et al.*, 2010). No obstante, las capturas analizadas en el presente estudio estuvieron dominadas por juveniles de *S. lewini*, sin la captura de hembras adultas, lo que podría indicar una aparente estabilidad poblacional a pesar de su baja productividad como lo muestran Furlong-Estrada *et al.* (2015) en el Pacífico.

Kinney & Simpfendorfer (2009) indican que para especies con baja productividad es muy importante proteger a los subadultos, porque su alta tasa de captura podría reducir la tasa de crecimiento poblacional. En ninguna de las pesquerías de la región se captura con frecuencia subadultos; son más comunes los juveniles de alrededor de 100 cm en la pesquería de palangre en Tabasco y en la de redes de monofilamento en Campeche. Entre los adultos, los machos son comunes en la pesquería con palangre tiburonero en Tabasco, y en cambio, las hembras adultas son raras en todas las pesquerías de la región. Solo se cuenta con el registro de una hembra adulta en palangre tiburonero en Tabasco.

Sphyrna lewini destaca entre las especies incluidas en los apéndices de la CITES como una de las especies más abundantes en los ochentas y noventas en la pesca artesanal de tiburones en México (Pérez-Jiménez, 2014; Pérez-Jiménez *et al.*, 2012a), aunque en la

última década disminuyó su abundancia en sur del Golfo de México (Pérez-Jiménez *et al.*, 2012a). En la actualidad sigue siendo de importancia comercial al igual que el resto de los tiburones martillo enlistados en la CITES, por lo que presenta un mayor grado de vulnerabilidad (Tovar-Ávila *et al.*, 2016). Si bien no es considerada con vulnerabilidad alta como en el estudio realizado por Tovar-Ávila *et al.* (2016), *S. lewini* mostró, de manera general, una vulnerabilidad moderada (media-alta) en todas las pesquerías evaluadas (valores de 1.82 a 2.07), lo cual se debe a su fecundidad relativamente alta, a una distribución amplia y a que son especies migratorias (Pérez-Jiménez *et al.*, 2014), lo que limita su grado de susceptibilidad de captura en las diferentes pesquerías de la región.

Es importante destacar que en los estudios previos hay diferencias visibles en cuanto a valores de productividad, susceptibilidad y vulnerabilidad; que independientemente de la historia de vida de *S. lewini* y de la susceptibilidad a las pesquerías, los estudios se realizaron con otras metodologías y en zonas más amplias. Cortés *et al.* (2010) mencionan que la cornuda común es de las menos vulnerables de los tiburones pelágicos capturados por barcos palangreros en el Atlántico, porque es una especie principalmente costera (Compagno *et al.*, 2005), y cuya vulnerabilidad fue estimada mediante el cálculo de la productividad con la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r). Tovar-Ávila *et al.* (2016) utilizaron la misma metodología que Cortés *et al.* (2010), salvo que ellos calcularon la productividad biológica basada en la mortalidad natural (M) y obtuvieron, por el contrario, una vulnerabilidad alta para la especie en el Golfo de México y Mar Caribe. Mientras que en el trabajo de Benítez *et al.* (2015) y Pérez-Jiménez *et al.* (2014), la metodología utilizada fue la misma para este estudio (la de Patrick *et al.*, 2009), obteniendo valores similares de productividad y vulnerabilidad a los estimados, y aunque el término utilizado para la evaluación de vulnerabilidad por Benítez *et al.* (2015) es “intermedia”, hace referencia al mismo valor que obtuvieron Pérez-Jiménez *et al.* (2014) en su evaluación de vulnerabilidad moderada (media-alta). A pesar de las diferencias en las metodologías utilizadas para estimar la vulnerabilidad, el PSA representa un primer acercamiento fundamental para conocer las pesquerías en donde la especie es más vulnerable, basándose en el conocimiento actual de su biología y el efecto que pueden tener las pesquerías que operan en el Golfo de México sobre su población. Además, el análisis indica que también se requiere mejorar la información biológica básica de la especie, donde pone de manifiesto que se sabe muy poco acerca de la fecundidad, nivel trófico, longitud promedio de madurez, migraciones estacionales, agregaciones y sobre la selectividad al equipo de pesca de *S. lewini* en la región.

Con respecto a los métodos de pesca utilizados para la captura de *S. lewini* en el sur del Golfo de México, la red de monofilamento es de las más selectivas para la especie, ya que de las siete pesquerías con mayor riesgo, este arte de pesca se encuentra presente en cinco de estas, a diferencia de la red de seda que se encuentra en dos pesquerías y el palangre solo en una (de las siete principales). El riesgo alto de algunas especies se debe a

su productividad considerablemente baja debido a su longevidad y, en consecuencia, a su baja mortalidad natural y, en el caso de *S. lewini*, también a su susceptibilidad de captura media a los métodos de pesca utilizados (Tovar-Ávila *et al.*, 2016). Dado que se obtuvieron valores de riesgo de medio a alto se recomienda realizar la evaluación cuantitativa (análisis demográfico) de la especie, y poner especial atención de las capturas de *S. lewini* en al menos las siete pesquerías en donde se obtuvo un riesgo alto.

Los tiburones martillo son especies vulnerables, debido a su historia de vida y a su disponibilidad a la pesca e importancia comercial; aunque en la costa del Golfo de México es una especie común, no se conoce el estado real de la población y por ello se han sugerido estudios de demografía. Además, es necesaria la aplicación efectiva de las medidas de manejo establecidas en México, como la reciente aplicación de la veda (Diario Oficial de la Federación, 2014) establecida en aguas mexicanas para proteger algunas especies de tiburón durante su época de reproducción, la Carta Nacional Pesquera que establece las estrategias y acciones que se deben cumplir para regular la pesca de tiburón (Diario Oficial de la Federación, 2012), la NOM-029-PESC-2006 (Diario Oficial de la Federación, 2007) que tiene el propósito de inducir el aprovechamiento sostenible de los tiburones y rayas, así como contribuir a la conservación y protección de elasmobranquios y; medidas internacionales como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (septiembre 2014) que utiliza resultados como los del presente estudio para la emisión de Dictámenes de extracción no Perjudicial (NDF por sus siglas en inglés), ya que aportan información con respecto al origen de las aletas en términos de la vulnerabilidad de las especies en las zonas de extracción a nivel de zona de pesca y litoral.

9. Conclusiones

- En el sur del Golfo de México existen 34 puertos pesqueros en los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán, y en donde se captura a *Sphyrna lewini* en 18 diferentes pesquerías.
- *Sphyrna lewini* tiene una productividad biológica baja con un valor de 1.4.
- La susceptibilidad de captura de *S. lewini* es media-alta en las pesquerías evaluadas, con valores de 1.86 a 2.23.
- La vulnerabilidad o riesgo de sobreexplotación para *Sphyrna lewini* en las pesquerías del sur del Golfo de México es moderada (media-alta) con valores de 1.82 a 2.07 en la zona de estudio.
- El PSA es una herramienta útil en situaciones donde la información es limitada, permitiendo suplir la falta de datos con información de otras regiones, especies u opinión de expertos.
- El PSA evalúa el riesgo o vulnerabilidad de una especie que interactúa con diferentes pesquerías, priorizando la atención en donde la especie tiene un riesgo alto.

10. Importancia del Trabajo

- Esta evaluación de riesgo es una de las primeras que integra y analiza la información disponible sobre la historia de vida de *Sphyrna lewini* y su vulnerabilidad ante las pesquerías del sur del Golfo de México.
- El presente estudio adopta una metodología para desarrollar el PSA en el cual los intervalos de productividad se delimitan con base en las características biológicas de los elasmobranchios.

11. Recomendaciones

- Es recomendable realizar un análisis demográfico (tercer nivel de la Evaluación de Riesgo Ecológico por Efectos de la Pesca) para establecer cuáles son las tendencias poblacionales de *S. lewini* en la región.
- Se requiere mejorar y ampliar la información biológica básica de la especie en la región: estudios de edad y crecimiento, composición de la dieta, biología reproductiva, etc.
- Se recomienda utilizar la metodología del PSA para evaluar pesquerías artesanales con datos limitados para conocer el riesgo de otras especies con las que interactúan y priorizar estudios demográficos que permitan conocer el estado de la población y generar estrategias de manejo adecuadas para su protección.

12. Literatura Citada

- Alejo-Plata, C. Gómez-Márquez, J. L. Ramos, S. Herrera. E. 2007. Presencia de neonatos y juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) y del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839) en la costa de Oaxaca, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 42(3): 403-413.
- Anislado-Tolentino, V. 2000. Ecología Pesquera del Tiburón Martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el Litoral del Estado de Michoacán, México. Tesis Maestría en Ciencias (Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 145 p.
- Benítez, H. López, G. Rivera-Téllez, E. (Comps.). 2015. Taller de Evaluación de Productividad, Susceptibilidad y Manejo de tiburones mexicanos listados en el Apéndice II de la CITES. Informe de Resultados - Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F.
- Bonfil, R. 1997. Status of shark of resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fisheries Research*. 29: 101-117.
- Braccini, J. M. Gillanders, B. M. Walker, T. I. 2006. Hierarchical approach to the assessment of fishing effects on non-target chondrichthyans: case study of *Squalus megalops* in southeastern Australia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 63: 2456–2466.
- Castillo-Géniz, J. L. Soriano-Velázquez, S. R. Villaseñor-Talavera, R. 2008. Pesquerías mexicanas de tiburón en el Océano Pacífico. En: *Pesquerías Latinoamericanas*. Machii, T. Flores, O. J. (Ed.). Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Pp. 211-241.
- Castro, J. I. 2011. *The sharks of North America*. Oxford. United States of America. 613 p.
- Compagno, L. Dando, M. Fowler, S. 2005. *Sharks of the World*. Princeton University Press. Hong Kong. 368 p.
- CONAPESCA-INP. 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 80 p.
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*. 56(5): 707-717.

Cortés, E. Arocha, F. BeerKircher, L. Carvalho, F. Domingo, A. Heupel, M. Holtzhausen, H. Santos, M. N. Ribera, M. Simpfendorfer, C. 2010. Ecological risk assessment of pelagic sharks caught in Atlantic pelagic longline fisheries. *Aquat Living Resources*. 23: 25-34.

Cotter, J. & Lart, W. 2011. A Guide for Ecological Risk Assessment of the Effects of Commercial Fishing (ERAEF). Prepared for the Sea Fish Industry Authority, Grimsby. 78 p.

Diario Oficial de la Federación. 2007. NOM-029-PESC-2006. Pesca responsable de tiburones y rayas, especificaciones para su aprovechamiento. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de Febrero de 2007. Ciudad de México.

Diario Oficial de la Federación. 2012. Carta Nacional Pesquera. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 Agosto de 2012. Segunda Sección. Ciudad de México.

Diario Oficial de la Federación. 2014. Acuerdo por el que se modifica el Aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, publicado el 16 de marzo de 1994 para modificar el periodo y zonas de veda de tiburones en el Golfo de México y Mar Caribe. Publicado el 14 de Mayo de 2014. Ciudad de México.

Fowler, S. L. Cavanagh, R. D. Camhi, M. Burgess, G. H. Cailliet, G. M. Fordham, S. V. Simpfendorfer, C. A. Musick, J. A. 2005. Sharks, rays and chimaeras: the status of the Chondrichthyan fishes: status survey. Vol. 63. IUCN.

Furlong-Estrada, E. Tovar-Ávila, J. Pérez-Jiménez, J. C. Ríos-Jara, E. 2015. Resilience of *Sphyrna lewini*, *Rhizoprionodon longurio*, and *Carcharhinus falciformis* at the entrance to the Gulf of California after three decades of exploitation. *Ciencias Marinas*. 41(1): 49-63.

Hobday, A. J. Smith, A. Webb, H. Daley, R. Wayte, S. Bulman, C. Dowdney, J. Williams, A. Sporic, M. Dambacher, J. Fuller, M. Walker, T. 2007. Ecological Risk Assessment for Effects of Fishing: Methodology. Report R04/1072 for the Australian Fisheries Management Authority, Canberra.

Jensen, A. L. 1996. Ratio estimation of mortality using catch curves. *Fisheries Research*. 27: 61-67.

Kinney, M. J. & Simpfendorfer, C. A. 2009. Reassessing the value of nursery areas to shark conservation and management. *Conservation Letters* 2. Pp. 53–60.

Patrick, W. S. Spencer, P. Ormseth, O. Cope, J. Field, J. Kobayashi, D. Gedamke, T. Cortés, E. Bigelow, K. Overholtz, W. Link, J. Lawson, P. 2009. Use of Productivity and Susceptibility Indices to Determine Stock Vulnerability, with Example Applications to Six U.S. Fisheries. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum. NMFS-F/SPO-101. 90 p.

Patrick, W. S. Spencer, P. Link, J. Cope, J. Field, J. Kobayashi, D. Lawson, P. Gedamke, T. Cortes, E. Ormseth, O. Bigelow, K. Overholtz, W. 2010. Using productivity and susceptibility indices to assess the vulnerability of United States fish stocks to overfishing. *Fishery Bulletin*. 108: 305-322.

Pérez-Jiménez J. C. Méndez-Loeza, I. Mendoza-Carranza M. Cuevas-Zimbrón, E. 2012a. Análisis histórico de las pesquerías de elasmobranquios del sureste del Golfo de México. En: Recursos Acuáticos Costeros del Sureste: Tendencias actuales en investigación y estado del arte. Sánchez, A. J. Chiappa-Carrara, X. Brito-Pérez, R. (Ed.). RECORECOS, CONCYTEY, UNACAR, UJAT, ECOSUR, UNAM. México, D. F. 463-481.

Pérez-Jiménez, J. C. Méndez-Loeza, I. Cu-Salazar, N. H. 2012b. Technical report No. 1: Current status of the shark fisheries in the Mexican Atlantic Coast, with a review of successful management strategies for artisanal fisheries. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR-Unidad Campeche).

Pérez-Jiménez J. C. 2014. Historical records reveal potential extirpation of four hammerhead sharks (*Sphyrna* spp.) in Mexican Pacific waters. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 24: 671-683.

Pérez-Jiménez, J. C. Sosa-Nishisaki, O. Méndez-Loeza, I. 2014. Evaluación de la vulnerabilidad de los tiburones bajo explotación en México listados en la CITES. (Documento inédito). El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Laboratorio de Ecología Pesquera. México.

Pérez-Jiménez, J. C. & Méndez-Loeza, I. 2015. The small-scale shark fisheries in the southern Gulf of Mexico: Understanding their heterogeneity to improve their management. *Fisheries Research*. 172: 96-104.

Piercy, A. N. Carlson, J. K. Sulikowski, J. A. Burgess, G. H. 2007. Age and growth of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in the north-west Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research*. 58(1): 34-40.

Rocha-González, F. I. 2016. Evaluación de riesgo ecológico de diez especies de batoideos capturados en la pesca artesanal del Golfo de California. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 68 p.

Tovar-Ávila, J. Day, R. W. Walker, T. I. 2010. Using rapid assessment and demographic methods to evaluate the effects of fishing on *Heterodontus portusjacksoni* off far-eastern Victoria, Australia. *Journal of Fish Biology*. Doi:10.1111/j.1095-8649.2010.02788.x

Tóvar-Ávila, J. Furlong-Estrada, E. Castillo-Géniz, J. L. 2016. Evaluación de riesgo ecológico por efectos de las pesquerías de tiburón mexicanas para las especies incluidas en el Apéndice II de la CITES. En: Tiburones mexicanos de importancia pesquera en la CITES.

Castillo-Géniz, J. L. Tóvar-Ávila, J. (Comps.). Instituto Nacional de Pesca. México. Pp. 17-28.

Walker, T. I. 2005. Management measures. In Management techniques for elasmobranch fisheries. Musick, J. A. & Bonfil, R. (Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations). Pp. 216-242.

13. Anexos

Anexo 1. Imágenes de *Sphyrna lewini*, toma de datos, equipos de pesca y de trabajo.



Fig. 4 y 5 Izq. Vista frontal de *Sphyrna lewini* en el puerto pesquero de San Pedro, Tabasco (2012). Der. Comercio de cazón (*S. lewini* y *Rhizoprionodon terraenovae*) en el mercado 20 de noviembre en San Francisco, Campeche (2016). FUENTE: Mendoza-Treviño, 2012; 2016.



Fig. 6 y 7 Toma de datos en Champotón (2012) (Izq.) y en San Román, Campeche (2013) (Der.). FUENTE: Mendoza-Treviño, 2012; 2013.



Fig. 8 y 9 Izq. Entrevista a permisionario de El Cuyo, Yucatán. Der. Redes y palangre en el puerto pesquero de San Pedro Tabasco. FUENTE: Mendoza-Treviño, 2012.



Fig. 10 y 11 Izq. Equipo de pesca: palangre. Der. Anzuelo garra de águila utilizado en el palangre. FUENTE: Mendoza-Treviño, 2012.



Fig. 12 y 13 Izq. Equipo de pesca: redes (reparación en Sabancuy). Der. Equipo de trabajo en Frontera, Tabasco. FUENTE: Mendoza-Treviño, 2012.



Fig. 14 y 15 Izq. Equipo de trabajo en San Pedro, Tabasco (2012). Der. Equipo de trabajo en Isla Aguada, Campeche (2013). FUENTE: Mendoza-Treviño, 2012; 2013.

Anexo 2. Bases de Datos

Tabla 9. Calificación de peso, valor y calidad de los datos de los atributos de productividad biológica para *S. lewini* de acuerdo a la región (GM=Golfo de México, NA=Norte América, IGS=Información General de la Especie) y al tipo de documento revisado (AC=Artículo Científico, L=Libro).

Atributo de Productividad	Datos	Fuente	Peso del atributo	Valor del atributo	Calidad de los Datos	Región	Documento
Crecimiento de la población (r)	0.028	Fowler <i>et al.</i> (2005)	4	1	3	GM	AC
Edad máxima (años)	30.5 años	Piercy <i>et al.</i> (2007)	4	1	2	GM	AC
Talla máxima (cm)	265 cm	Base de datos ECOSUR	4	1	1		
Constante de crecimiento de von Bertalanffy (k)	0.09-0.130	Piercy <i>et al.</i> (2007)	4	3	2	GM	AC
Mortalidad natural estimada	0.144-0.208	Modificado de Piercy <i>et al.</i> (2007)	4	2	3	GM	AC
Fecundidad (número de crías)	13-31 crías	Compagno <i>et al.</i> (2005)	4	3	3	IGS	L
Edad de madurez (años)	15 años	Fowler <i>et al.</i> (2005)	4	1	2	GM	AC
Nivel trófico	4.1	Cortés (1999)	4	1	3	IGS	AC
Longitud de madurez (cm)	210 cm	Castro (2011)	4	1	4	NA	L
Ciclo reproductivo	Anual	Fowler <i>et al.</i> (2005)	4	2	3	GM	AC

Tabla 10. Ponderación establecida y calidad de los datos para los diferentes atributos de productividad y susceptibilidad.

		Calidad de los Datos	Peso del atributo
Atributos de Productividad	Crecimiento de la población	3	4
	Edad máxima	2	4
	Talla máxima	1	4
	Constante de crecimiento de von Bertalanffy	2	4
	Mortalidad natural estimada	3	4
	Fecundidad	3	4
	Edad de madurez	2	4
	Nivel trófico	3	4
	Longitud de madurez	4	4
	Ciclo reproductivo	3	4
Atributos de Susceptibilidad	Estrategia de manejo	1	2
	Traslape horizontal	2	4
	Concentración geográfica	2	4
	Traslape vertical	2	4
	Migraciones estacionales	4	4
	Agregaciones	4	4
	Morfología afecta la captura	4	4
	Sobrevivencia post-captura	1	2
	Tamaño de flota pesquera	2	4
	Estacionalidad de pesquería	1	4
Deseabilidad o valor de la pesquería	1	4	
Selectividad del equipo de pesca	1	4	

Tabla 11. Calificación de los valores asignados a los atributos de susceptibilidad de captura de las pesquerías de Tabasco donde *S. lewini* forma parte de la captura dirigida, multiespecífica e incidental: bandera/balá palangre (BB(P)), huachinango palangre (H(P)), robalo red (R[®]), sierra red (S[®]), tiburón palangre/cimbra (T(P)©).

Pesquería	BB(P)	H(P)	R[®]	S[®]	T(P)©
Atributo de Susceptibilidad					
Estrategia de manejo	2	2	2	2	2
Traslape horizontal (disponibilidad)	2	2	1	1	2
Concentración geográfica	1	1	1	1	1
Traslape vertical (posibilidad de encuentro)	2	2	2	2	2
Migraciones estacionales	3	3	3	3	3
Agregaciones	3	3	3	3	3
Morfología afecta la captura	2	2	3	3	2
Sobrevivencia post-captura	3	3	3	3	3
Tamaño de flota pesquera	2	2	3	3	1
Estacionalidad de pesquería	3	2	3	3	2
Deseabilidad o valor de la pesquería	2	2	2	2	3
Selectividad del equipo de pesca (CPUE)	1	1	1	1	1

Tabla 12. Calificación de los valores asignados a los atributos de susceptibilidad de captura de las pesquerías de Campeche donde *S. lewini* forma parte de la captura dirigida, multiespecífica e incidental: sierra red (S[®]), robalo red (R[®]), cazón red (C[®]), bandera/balá palangre (BB(P)), raya/tiburón red (RT[®]), tiburón red (Cd. Carmen) (T[®]), chopa red (Ch[®]), cazón red (Nvo. Campechito) (CNv[®]), multiespecífica red (M[®]).

Pesquería	S[®]	R[®]	C[®]	BB(P)	RT[®]	T[®]	Ch[®]	CNv[®]	M[®]
Atributo de Susceptibilidad									
Estrategia de manejo	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Traslape horizontal (disponibilidad)	2	1	2	2	2	2	1	2	1
Concentración geográfica	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Traslape vertical (posibilidad de encuentro)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Migraciones estacionales	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Agregaciones	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Morfología afecta la captura	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Sobrevivencia post-captura	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tamaño de flota pesquera	3	2	1	1	1	1	1	1	1
Estacionalidad de pesquería	2	3	2	3	3	2	3	2	3
Deseabilidad o valor de la pesquería	2	2	3	2	3	3	2	3	2
Selectividad del equipo de pesca (CPUE)	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 13. Calificación de los valores asignados a los atributos de susceptibilidad de captura de las pesquerías de Yucatán donde *S. lewini* forma parte de la captura dirigida, multiespecífica e incidental: raya/tiburón red (RT®), mero palangre (M(P)), carito/cazón red (CC®), tiburón cimbra (T©).

Pesquería	RT®	M(P)	CC®	T©
Atributo de Susceptibilidad				
Estrategia de manejo	2	2	2	2
Traslape horizontal (disponibilidad)	2	2	2	2
Concentración geográfica	1	1	1	1
Traslape vertical (posibilidad de encuentro)	3	2	2	2
Migraciones estacionales	3	3	3	3
Agregaciones	3	3	3	3
Morfología afecta la captura	3	2	3	2
Sobrevivencia post-captura	3	3	3	3
Tamaño de flota pesquera	1	2	3	1
Estacionalidad de pesquería	3	2	2	2
Deseabilidad o valor de la pesquería	3	2	3	3
Selectividad del equipo de pesca (CPUE)	1	1	1	1

Anexo 3. Ejemplos de plantillas de atributos de susceptibilidad de captura por pesquerías para realizar el PSA en Tabasco, Campeche y Yucatán

Tabla 14. Calificación de peso, valor y calidad de los datos de los atributos de susceptibilidad para la pesquería de bandera/balá en Tabasco en donde *S. lewini* forma parte de la captura incidental.

Atributo de Susceptibilidad	Datos	Fuente	Peso del atributo	Valor del atributo	Calidad de los Datos
Bandera/Balá, palangre con anzuelo de 4.5 (Tabasco)					
Estrategia de manejo	Período de veda: 15 de mayo - 15 de junio y del 1° - 31 de agosto	DOF (2014)	2	2	1
Traslape horizontal (disponibilidad)	9-64 Km Dist. Flota	Compagno <i>et al.</i> , 2005, ECOSUR	4	2	2
Concentración geográfica	Datos de captura	Compagno <i>et al.</i> , 2005, ECOSUR	4	1	2
Traslape vertical (posibilidad de encuentro)	14-73 m Prof. Equipo	Compagno <i>et al.</i> , 2005, ECOSUR	4	2	2
Migraciones estacionales		Opinión de expertos/ ECOSUR	4	3	4
Agregaciones		Opinión de expertos/ ECOSUR	4	3	4
Morfología afecta la captura	Selectividad moderada	Opinión de expertos/ ECOSUR	4	2	4
Sobrevivencia post-captura	No hay sobrevivencia	Base de datos ECOSUR	2	3	1
Tamaño de flota pesquera	≥280 lanchas	Base de datos ECOSUR	4	2	2
Estacionalidad de pesquería	≥8 meses	Base de datos ECOSUR	4	3	1
Deseabilidad o valor de la pesquería	Captura incidental	Base de datos ECOSUR	4	2	1
Selectividad del equipo de pesca (CPUE)	0.988	Base de datos ECOSUR	4	1	1
*CPUE por tipo de pesquería					

Tabla 15. Calificación de peso, valor y calidad de los datos de los atributos de susceptibilidad para la pesquería de sierra en Campeche en donde *S. lewini* forma parte de la captura incidental.

Atributo de Susceptibilidad	Datos	Fuente	Peso del atributo	Valor del atributo	Calidad de los Datos
Sierra, red monofilamento de 11.5 cm (Campeche)					
Estrategia de manejo	Período de veda: 15 de mayo - 15 de junio y del 1° - 31 de agosto	DOF (2014)	2	2	1
Traslape horizontal (disponibilidad)	20-50 Km Dist. Flota	Compagno <i>et al.</i> , 2005, ECOSUR	4	2	2
Concentración geográfica	Datos de captura	Compagno <i>et al.</i> , 2005, ECOSUR	4	1	2
Traslape vertical (posibilidad de encuentro)	5-36 m Prof. Equipo	Compagno <i>et al.</i> , 2005, ECOSUR	4	2	2
Migraciones estacionales		Opinión de expertos/ECOSUR	4	3	4
Agregaciones		Opinión de expertos/ECOSUR	4	3	4
Morfología afecta la captura	Alta selectividad	Opinión de expertos/ECOSUR	4	3	4
Sobrevivencia post-captura	No hay sobrevivencia	Base de datos ECOSUR	2	3	1
Tamaño de flota pesquera	1460 lanchas	Base de datos ECOSUR	4	3	2
Estacionalidad de pesquería	5 meses	Base de datos ECOSUR	4	2	1
Deseabilidad o valor de la pesquería	Captura incidental	Base de datos ECOSUR	4	2	1
Selectividad del equipo de pesca (CPUE)	0	Base de datos ECOSUR	4	1	1
*CPUE por tipo de pesquería					

Tabla 16. Calificación de peso, valor y calidad de los datos de los atributos de susceptibilidad para la pesquería de raya/tiburón en Yucatán en donde *S. lewini* forma parte de la captura objetivo.

Atributo de Susceptibilidad	Datos	Fuente	Peso del atributo	Valor del atributo	Calidad de los Datos
Raya/Tiburón, red seda de 30 cm (Yucatán)					
Estrategia de manejo	Período de veda: 15 de mayo - 15 de junio y del 1° - 31 de agosto	DOF (2014)	2	2	1
Traslape horizontal (disponibilidad)	20-50 Km Dist. Flota	Compagno <i>et al.</i> , 2005, ECOSUR	4	2	2
Concentración geográfica	Datos de captura	Compagno <i>et al.</i> , 2005, ECOSUR	4	1	2
Traslape vertical (posibilidad de encuentro)	9.1-9.2 m Prof. Equipo	Compagno <i>et al.</i> , 2005, ECOSUR	4	3	2
Migraciones estacionales		Opinión de expertos/ ECOSUR	4	3	4
Agregaciones		Opinión de expertos/ ECOSUR	4	3	4
Morfología afecta la captura	Alta selectividad	Opinión de expertos/ ECOSUR	4	3	4
Sobrevivencia post-captura	No hay sobrevivencia	Base de datos ECOSUR	2	3	1
Tamaño de flota pesquera	24 lanchas	Base de datos ECOSUR	4	1	2
Estacionalidad de pesquería	>8 meses	Base de datos ECOSUR	4	3	1
Deseabilidad o valor de la pesquería	Especie objetivo	Base de datos ECOSUR	4	3	1
Selectividad del equipo de pesca (CPUE)	0	Base de datos ECOSUR	4	1	1
*CPUE por tipo de pesquería					