El Colegio de la Frontera Sur

Identificación de áreas de crianza para el tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el sur del Golfo de México usando datos dependientes de la pesca

Tesis
Presentada como requisito parcial para optar al grado de Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural
Con orientación en Manejo y Conservación de los Recursos Naturales

Por

Gabriela Alejandra Cuevas Gómez

2018

El Colegio de la Frontera Sur

Miembros del jurado examinador de:

Gabriela Alejandra Cuevas Gómez

Hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

Identificación de áreas de crianza para el tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el sur del Golfo de México usando datos dependientes de la pesca

Para obtener el grado de **Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

Nombre	Firma
Director: Dr. Juan Carlos Pérez Jiménez	
Asesora: Dra. Maribel Carrera Fernández	
Asesor: M. en C. Iván Méndez Loeza	
Sinodal adicional: Dr. Unai Marcaida Aburto	
Sinodal adicional: Dr. Yassir Edén Torres Rojas	
Sinodal suplente: Dr. Iván Gregorio Hernández Ávila	

Dedicatoria

Existen personas que dejan huella en tu vida y en el corazón, por lo que este trabajo va dedicado a una persona muy especial, que desafortunadamente ya no está con nosotros pero sé que donde quiera que se encuentre está en muy buenas manos. Esta persona me enseño la importancia de la humildad y el respeto, me demostró de la fortaleza y tenacidad de lo que una mujer puede ser capaz. Con su peculiar forma de ser nos demostró su amor y nos quiso a todos por igual. Por eso y más te doy gracias por todo lo que me enseñaste y por el amor sincero que siempre me diste, gracias abuelita Martha, donde quiera que estés siempre te llevaré en mi corazón y nunca te dejaré de amar.

Agradecimientos

A mi familia que siempre me ha impulsado a seguir adelante para conseguir mis sueños, a mi madre por todo el amor y apoyo que me ha brindado sin pedir nada a cambio, a mis hermanos Alejandro y Daniel por el apoyo incondicional, y a mis queridos sobrinos que siempre me alegran los días con sus peculiares travesuras.

Un agradecimiento especial al Dr. Juan Carlos Pérez Jiménez e Iván Méndez Loeza por todo lo enseñado y por ser unos buenos líderes. De ellos he aprendido mucho y aún sigo aprendiendo, gracias por todo el apoyo y por estar tanto en los momentos gratos como en los momentos difíciles, aunque no les correspondía siempre estuvieron ahí. Gracias por haberme permitido formar parte de la familia del laboratorio pesquero de ECOSUR y apoyarme en todo momento para el desarrollo de este trabajo. Agradezco su amistad y por ser seres humanos excepcionales, gracias por todo.

A mi comité revisor por el aporte y comentarios para la mejora de este trabajo, a la Dra. Maribel Carrera Fernández, Dr. Unai Marcaida Aburto, Dr. Yassir Edén Torres y al Dr. Iván Hernández.

A cada uno de los pescadores que fueron parte importante del presente trabajo, ya que sin su conocimiento y apoyo este trabajo no hubiera sido posible.

A mis compañeros del laboratorio de Ecología Pesquera, con agradecimiento especial a Francisco Serrano (aunque lo creía imposible, gracias por toda tu ayuda).

A las personas que aportaron cosas positivas durante mi travesía en este viaje, Elizabeth Cuevas, Ale Castelo, Jorge Garcés, gracias por su apoyo y amistad incondicional.

A mis compañeros de maestría, generación 2016-2017.

Índice

Resumen……9

Introducción…….....10

Paradigmas sobre las áreas de crianza……11

Estatus de conservación……15

Sur del Golfo de México……...16

Datos dependientes de la pesca y conocimiento ecológico local……17

Actividad pesquera de tiburones en el sur del Golfo de México ……...18

Antecedentes...……..20

Justificación……...22

Pregunta de investigación……...……...24

Hipótesis……..24

Objetivo general…… 24

Objetivos particulares..……24

Área de estudio….……25

Metodología……...27

Composición de la captura (tallas y sexo) de *Sphyrna lewini*…..……27

Localidades con registro de *S. lewini*……..28

Análisis de datos…….....30

Identificación de zonas de pesca de *Sphyrna lewini* mediante conocimiento ecológico local……...31

Identificación de áreas de crianza para *S. lewini*……...33

Equipos de pesca…...……...33

Análisis de contenido estomacal ……33

Resultados……..36

Estructura de tallas de *Sphyrna lewini*……..36

Estadios de madurez……39

Zonas de pesca de *Sphyrna lewini* (conocimiento ecológico local)……41

Análisis de contenido estomacal ……..43

Identificación de áreas de crianza para *Sphyrna lewini*……..47

Estructura de tallas por equipos de pesca……..50

Discusión……51

Conclusiones……. 62

Recomendaciones……...63

Referencias……64

Índice de figuras

Figura 1. Localización de sitios de muestreo……..25

Figura 2. Frecuencia relativa anual de *S. lewini* para el periodo de 1993-1994 y 2007-2017……..……36

Figura 3. Comparación de estructura de tallas y proporción de sexos por periodos de tiempo…..……37

Figura 4. Frecuencia relativa de tiburones martillo por longitud y región……..……38

Figura 5. Frecuencia relativa de cada estadio de madurez capturados por año y mes…….....39

Figura 6. Frecuencia relativa de estadios registrados para las tres regiones…….39

Figura 7. Distribución de estadios con base a las zonas registradas en la base de datos pesquera del periodo 2007-2017……..41

Figura 8. Distribución de estadios con base a las entrevistas semi-estructuradas de San Pedro, Tabasco……41

Figura 9. Distribución de estadios con base a las entrevistas semi-estructuradas de San Francisco de Campeche……41

Figura 10. Frecuencias de neonatos y juveniles del primer año (JPA) por región y mes con base al criterio de fidelidad de Heupel et al. (2007)……48

Figura 11. Frecuencias de neonatos y juveniles del primer año (JPA) por región con base al criterio de uso continuo del área de Heupel et al. (2007)……49

Figura 12. Frecuencia de captura de *S. lewini* por equipo de pesca (palangre y red) con respecto a la talla de los organismos y estadio……50

Figura 13. Hipótesis de migración de *Sphyrna lewini* en el sur del Golfo de México…….57

Índice de tablas

Tabla 1. Esquema general de características de las áreas de crianza……13

Tabla 2. Localidades de muestreo por años y mes…….27

Tabla 3. Principales pesquerías que capturan *S. lewini* en sur del Golfo de México……..28

Tabla 4. Número de *S. lewini* observados por región con respecto a los dos diferentes periodos de tiempo……..29

Tabla 5. Parámetros de la ecuación de von Bertalanffy……30

Tabla 6. Edad, intervalo, sexo y número de tiburones registrados por estadio.....37

Tabla 7. Índice numérico, gravimétrico, frecuencia de ocurrencia y de importancia relativa para las presas del contenido estomacal de *S. lewini*……43

Tabla 8. Índice numérico, gravimétrico, frecuencia de ocurrencia y de importancia relativa de *S. lewini* con respecto a San Francisco de Campeche y San Pedro, Tabasco……..44

Tabla 9. Comparación de los registros de estadios tempranos en la zona de estudio con respecto a los modelos teóricos utilizados para la identificación de áreas de crianza…...46

Tabla 10. Frecuencia de estadios por regiones con base a los criterios de Branstetter (1990)……47

Tabla 11. Frecuencias de neonatos y JPA por región para evaluar los registros mediante los supuestos de Heupel et al. (2007)……...48

Resumen

La sobreexplotación y disminución de las poblaciones de tiburones ha incrementado la necesidad de identificar y proteger sus áreas de crianza. Así, la delimitación, comprensión y protección de los hábitats que sirven como áreas de crianza mejora su manejo y conservación. Los datos dependientes de la pesca y el conocimiento ecológico local han demostrado ser herramientas útiles para la identificación de áreas de crianza. El objetivo del presente trabajo fue determinar áreas de crianza para *Sphyrna lewini* en el sur del Golfo de México, con base en registros dependientes de la pesca y conocimiento ecológico local. Se analizaron bases de datos biológico-pesqueras (1993-1994 y 2007-2017) de 11 localidades de Yucatán, Campeche y Tabasco y se realizaron encuestas semi-estructuradas a 44 pescadores. La información obtenida se analizó y comparó con base a seis modelos teóricos de áreas de crianza. De los registros dependientes de la pesca, dirigida e incidental, de pequeña escala se registraron 4219 tiburones de *S. lewini*. De los organismos clasificados por estadios (n=1885), 15 % correspondieron a neonatos y 44 % a juveniles del primer año. Con base en los modelos teóricos de crianza, la zona costera de San Pedro, Tabasco y zonas adyacentes a la Laguna de Términos se catalogan como área de crianza de *Sphyrna lewini*, siendo un hábitat con características ambientales (hábitats costeros poco profundos y turbios) similares a las áreas de crianza previamente establecidas para *S. lewini*. La protección de áreas de crianza debe ser un componente en las estrategias de manejo de tiburones, pero es fundamental vincular estrategias de manejo que incluyan a los organismos de estadios más avanzados, para así lograr un manejo efectivo. Los datos dependientes de la pesca y el conocimiento ecológico local son herramientas útiles para examinar patrones espacio-temporales de tiburones y pueden ayudar a los estudios de uso de hábitat.

Palabras clave: Pesquerías, conocimiento ecológico local, UICN, turbidez, hábitats costeros, CITES.

Introducción

El tiburón martillo (*Sphyrna lewini)* es una especie pelágica-costera y semioceánica, con distribución circumglobal en aguas tropicales y templadas (Compagno 1984). Habita principalmente en ambientes neríticos, en proximidades de islas oceánicas y montes submarinos (Bessudo et al. 2011a; Bessudo et al. 2011b). Es una especie que realiza movimientos migratorios a gran escala, tanto horizontal como verticalmente. Los adultos se desplazan formando grandes cardúmenes (de 30 a 200 individuos) (Klimley 1987) y pasan la mayor parte de su tiempo en regiones próximas al talud continental y aguas oceánicas, aunque pueden adentrarse en aguas de la plataforma y acercarse a las costas durante ciertas fases del ciclo reproductivo (Vooren et al. 2005; Adams y Paperno 2007; Harry et al. 2011; Miller et al. 2014).

Las hembras de *S. lewini* presentan reproducción vivípara, con un periodo de gestación de 9-12 meses (Branstetter 1987), un ciclo anual, con vitelogénesis y gestación simultáneas (Castro 2009). Las hembras adultas se acercan a las costas, bahías y estuarios para el alumbramiento (Clarke 1971; Simpfendorfer y Milward 1993; Vooren et al. 2005; Adams y Paperno 2007; Torres-Huerta et al. 2008; Harry et al. 2011). Esta particularidad del ciclo reproductivo generalmente se asocia a una estrategia para elevar la supervivencia de los juveniles, dándoles la oportunidad de crecer en áreas más productivas (Duncan y Holland 2006; Heupel et al. 2007) y/o con menores riesgos de depredación (Clarke 1971; Branstetter 1990), ya que se ha reportado que *S. lewini* posee una fuerte segregación ontogénica (neonatos, juveniles vs adultos) para evitar competencia intraespecífica en la búsqueda de alimento y al mismo tiempo se infiere que es útil para disminuir el canibalismo presente en la especie (Clarke 1971; Zanella et al. 2009).

Los neonatos y juveniles del primer año (JPA) de *S. lewini*, pasan la primera parte de su vida en aguas costeras, mientras que los juveniles cercanos a la madurez sexual (~10-15 años) y adultos migran hacia mar abierto, regresando a las áreas de crianza solo para el alumbramiento y repetir el ciclo (Clarke 1971; Castro 1993; Simpfendorfer y Milward 1993; Bush y Holland 2002; Bush 2003; Duncan y Holland 2006; Zanella et al. 2016).

Paradigmas sobre las áreas de crianza

Si bien las áreas de crianza han sido reconocidas por su importancia, ya que su identificación, descripción y protección podría contrarrestar la disminución de las poblaciones de tiburones (Fowler et al. 2005), es necesario un plan de manejo pesquero federal que permita describir e identificar estos hábitats para cada especie (Rosenberg et al. 2000; Sigler et al. 2012). La delimitación de estas áreas es fundamental para la protección y manejo adecuado de las especies de tiburones (DeAngelis et al. 2008).

Se han propuesto modelos teóricos para caracterizar el uso de los hábitats costeros por tiburones a través de la ontogenia (Tabla 1). Estos se han relacionado con sus historias de vida (Cortés 2004), y se basan en la optimización teórica del rápido crecimiento para evitar la depredación (Springer 1967; Branstetter 1990; Heithaus 2007; Heupel et al. 2007; Knip et al. 2010).

Springer (1967) describe un modelo teórico con una población hipotética de tiburones, en la cual las crías nacen en primavera o verano en áreas específicas de crianza que son aguas poco profundas. Los juveniles permanecen en el sitio mientras se alimentan y crecen hasta alcanzar la madurez sexual y las hembras grávidas viajan a las áreas de crianza solo para el alumbramiento (Springer 1967). Así, la organización social en una población de tiburones está estructurada por la distribución de los juveniles y adultos que difiere espacialmente o por profundidad (Springer 1967). Como resultado de este modelo, se ha generalizado por varias décadas que un área de crianza es donde se encuentran los tiburones juveniles (Heupel et al. 2007) y que estos sitios brindan protección y alimentación.

Por su parte, Bass (1978) con base a la preferencia a ciertas condiciones ambientales, plantea dos tipos de áreas de crianza:

- Primarias: aquellas donde se lleva a cabo el alumbramiento, se encuentran los recién nacidos y los tiburones juveniles de edades tempranas, y es donde pasan la primera parte de su vida.

- Secundarias: aquellas zonas habitadas por tiburones juveniles de edades más avanzadas. Estos juveniles pasan allí la mayor parte del tiempo hasta convertirse en sub-adultos.

Con la premisa que las áreas de crianza son sitios que brindan protección, Branstetter (1990) plantea que por el grado de exposición a depredadores potenciales pueden ser categorizadas en:

- Protegidas: áreas raramente habitadas por tiburones adultos.
- Desprotegidas: áreas localizadas en hábitats ocupados por tiburones adultos.

Además, Branstetter (1990) propone dos estrategias que utilizan los tiburones dependiendo del tipo de área de crianza; 1) crecimiento rápido en áreas de crianza expuestas a los depredadores o 2) crecimiento lento en áreas de crianza protegidas.

Posteriormente, Castro (1993) describe a las áreas de crianza como áreas geográficamente discretas donde las hembras grávidas dejan a sus crías o depositan sus huevos (ya sea el caso), y donde los juveniles pasan sus primeras semanas, meses o años de vida. Las zonas de crianza se caracterizan por la presencia de hembras grávidas, neonatos y juveniles. Debido a que las clasificaciones previas ocasionaron que un gran número de zonas costeras fueran descritas como áreas de crianza, Heupel et al. (2007) plantearon un método para la identificación de áreas de crianza de tiburones. Los autores sugieren que una zona de crianza podría definirse con base en tres criterios principales, basado en el registro de organismos neonatos o juveniles del primer año (JPA):

1.- Los organismos se encuentran con mayor frecuencia en esa área, es decir, la densidad en el área es mayor que la densidad promedio en todas las áreas.
2.- Los organismos tienden a permanecer o regresar por períodos prolongados (semanas o meses) a esa área, es decir, la fidelidad al sitio es mayor que la fidelidad promedio para todas las áreas.
3.- El área o hábitat se utiliza a través de los años, mientras que otras áreas no.

Esta definición propuesta no descarta la importancia de otros factores identificados previamente en otras investigaciones, como la abundancia de alimento o el refugio ante la depredación. En cambio, proporciona a los investigadores y a los administradores de recursos, criterios que se pueden probar usando datos independientes de la pesca (Heupel et al. 2007). La desventaja de este método son los costos operativos para probar los tres criterios.

Knip y colaboradores (2010), establecieron un nuevo modelo que integra las definiciones y criterios empleados hasta la fecha. Previamente, se ha planteado que las aguas costeras proporcionan una amplia variedad de características de hábitat y que los tiburones pueden utilizar regiones con características óptimas para la supervivencia (Knip et al. 2010). Frente a la población hipotética de Springer (1967), una combinación de estadios puede estar presente en las regiones costeras, con especies que usan diferentes estrategias que mejorarán el éxito de la población. Por lo tanto, la distribución y el uso del hábitat por tiburones en las zonas costeras puede estar en función de las características ecológicas específicas del ambiente, combinadas con las necesidades de recursos y las características del ciclo de vida de las especies. Además, Knip et al. (2010) mencionan que las especies de tiburones de mayor tamaño pueden ser dependientes a zonas específicas de las zonas costeras.

Springer (1967) y Knip et al. (2010) puntualizan que dadas las variaciones en la distribución y el uso del hábitat, los modelos propuestos no pueden describir a todas las especies de tiburones, pero proporcionan un concepto generalizado que abarcará a muchas poblaciones de tiburones en aguas costeras.

Generalmente este tipo de estudios se fundamentan con datos independientes de la pesca, por ende, la descripción no puede basarse en supuestos y criterios de un solo modelo, debido a las características específicas de historia de vida de las especies y del hábitat donde se distribuyen. Springer (1967) resalta que mediante la combinación de los registros de captura de las embarcaciones de investigación y de pescadores comerciales puede obtenerse mayor información sobre la organización social de tiburones (ejemplo: distribución espacial y temporal). Actualmente, el desarrollo en el estudio de áreas de

crianza, su amplia caracterización y la definición del concepto requiere de la integración de conocimientos teóricos de los diferentes modelos para la identificación de estos sitios. Por ello, el presente estudio consideró cada uno de los modelos teóricos mencionados anteriormente.

Tabla 1: Esquema general de características de las áreas de crianza. JPA: juveniles del primer año, HG: hembras grávidas.

Autor	Fundamento básico		Clasificación propuesta	Estadios comunes en el área de crianza	Características generales
	Brindan protección	Fuente de alimentación			
Springer (1967)	Si	Si		Juveniles	Aguas poco profundas
Bass (1978)	Si	No	a) Primarias b) Secundarias	a) Neonatos y juveniles b) Juveniles cercanos a la madurez	Cercanas a los hábitats de los adultos pero con marcadas diferencias de profundidad
Branstetter (1990)	Si	Poco probable	a)* Protegidas b)* Desprotegidas	a)* Neonatos y juveniles b)* Hábitats ocupados por adultos	Sitios costeros y regiones oceánicas
Castro (1993)	Si	Si		Neonatos, JPA y HG	Someros y protegidos
Heupel et al. (2007)	Si	Si	3 criterios propuestos	Neonatos y JPA	Costeros
Knip et al. (2010)	Si	Si	Combinación de estadios de diferentes especies y características del hábitat	Combinación de estadios según la especie	Costeros

Estatus de conservación

Sphyrna lewini está siendo afectada por la sobrepesca (Miller et al. 2014), por lo que está clasificada como en peligro de extinción por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (Baum et al. 2007). Las evaluaciones de *S. lewini* para el Noroeste del Océano Atlántico y el Golfo de México, indican que sus poblaciones han disminuido ~83% entre 1981 y 2005, debido a la sobreexplotación (Baum et al. 2003; Hayes et al. 2009; Jiao et al. 2011). Adicionalmente, en 2011, mediante la petición para enlistar a *S. lewini* bajo el tratado de especies en peligro de extinción de E.U.A, se realizó un análisis de riesgo de extinción (ERA, por sus siglas en inglés), con base a una evaluación de las tendencias de abundancia, crecimiento y productividad, estructura espacial y diversidad, así como las amenazas a la especie, determinando que el segmento poblacional distinto (DPS, por sus siglas en inglés) del Atlántico Noroccidental y del Golfo de México (zona en la cual se localiza el área del presente estudio) está en un bajo riesgo de extinción (Miller et al. 2014).

A pesar de la clasificación de la UICN, Cortés et al. (2010) determinaron que *S. lewini* tiene un bajo riesgo de vulnerabilidad a la sobreexplotación por las pesquerías de palangre pelágico en varias regiones del Atlántico. En comparación con otros condrictios, *S. lewini* parece capaz de soportar un mayor nivel de mortalidad por pesca, pero a pesar de las distintas clasificaciones de vulnerabilidad de esta especie, Miller et al. (2014) destacan que las amenazas actuales o proyectadas (e. g. aumento en el esfuerzo pesquero en la mayor parte de su distribución) pueden alterar sus conclusiones.

En la 16ª reunión de la Conferencia de las Partes de CITES del 2013 (CoP16), se incluyeron cinco especies de tiburones y todas las mantarrayas (género *Mobula*) en el Apéndice II de la Convención, *Sphyrna lewini* figura en la lista del Apéndice II, debido a la posible sobreexplotación por sus aletas y su alto valor en el comercio internacional (CITES 2013). Con base a las tasas de explotación, esta especie puede acelerar su riesgo de extinción a menos que la regulación del comercio internacional ofrezca un incentivo para establecer o mejorar las medidas de vigilancia y de gestión para proporcionar una base para la extracción no perjudicial y la adquisición legal (CITES 2013).

Sur del Golfo de México

En la clasificación realizada por CONABIO et al. (2007), se identificaron ocho grandes eco-regiones marinas de Norteamérica el cual ubica las costas de Campeche en el sur del Golfo de México. De acuerdo a sus rasgos hidrológicos, la costa de Campeche se divide en dos zonas: 1) zona sur o región de los ríos que comprende la parte media del Estado a partir del río Champotón hacia el suroeste donde limita con el estado de Tabasco en el río San Pedro. En ella se encuentran los ríos Palizada, Chumpán, Candelaria y Mamantel; y 2) Zona Norte o región de los petenes, localizada al norte del río Champotón hasta el estero de Celestún en el estado de Yucatán. En esta zona, los ríos superficiales son muy escasos debido a la permeabilidad de la roca caliza que permite la filtración de las aguas provenientes de las lluvias y dan origen a los cenotes y corrientes subterráneas (Lara-Domínguez et al. 1990).

El sur del Golfo de México presenta una gran variedad de hábitats, que incluye áreas someras y de océano abierto, estuarios y lagunas costeras; y áreas de la plataforma continental que reciben descargas de agua dulce. Además, la región está dominada por varios procesos hidrodinámicos que generan diferentes escenarios hidrográficos (Flores-Coto et al. 2014). El sur del Golfo de México es considerado como una de las regiones de gran importancia biológica por su alto potencial biótico y de recursos naturales. La región formada por el Banco de Campeche y la Laguna de Términos forman un sistema ecológico muy complejo debido al intercambio de masas de agua que ocurren en las diferentes épocas del año. Muchas especies se benefician significativamente de esta zona, ya que la utilizan con fines de alimentación, reproducción o crianza (Sánchez-Gil et al. 1980; Yañez-Arancibia y Sánchez-Gil 1982; Flores-Coto et al. 2014). La organización biológica de las poblaciones en gran medida está íntimamente ligada con los procesos deltaicos y de estuarios, pero también está relacionada con los sistemas arrecifales; por lo anterior, la heterogeneidad de hábitats da como resultado comunidades con un alto número de especies (López-Jiménez et al. 2014).

Datos dependientes de la pesca y conocimiento ecológico local

Los datos dependientes de la pesca corresponde a la recopilación de datos básicos de los pescadores comerciales, como características de la embarcación, en ocasiones ubicación exacta del sito de pesca (o aproximación de dicha zona de pesca), fecha, esfuerzo de pesca, es decir, tiempo que correspondió su día de pesca, equipos de pesca utilizados, peso y longitud de las especies objetivo desembarcadas (National Research Council 1998). Este tipo de datos se utiliza principalmente en aquellos países que no cuentan con información suficiente o recursos económicos para realizar muestreos independientes de la pesca, ya que dichos muestreos son parte de programas de investigación muy costosos y generalmente tienen una cobertura limitada en espacio y tiempo (en términos de estacionalidad o bien con un número de años limitado) (Hilborn y Walters 1992). En algunos casos el muestreo no es representativo, por lo que es importante considerar la disponibilidad de datos dependientes de la pesca.

Los muestreos dependientes de la pesca pueden proporcionar series espaciales largas, amplia cobertura espacial durante todo el año e información de una gran variedad de especies objetivo, equipos de pesca y sitios de pesca (Lunn y Dearden 2006). Los datos dependientes de las pesquerías pueden utilizarse para evaluar o incrementar los datos de investigación, y en ocasiones pueden convertirse en la única forma rentable de incrementar u obtener la información en áreas específicas (Fox y Starr 1996; Pennino et al. 2016).

Otra fuente de información es el conocimiento ecológico local (LEK por sus siglas en inglés) que se ha considerado una fuente de información que se basa tanto en experiencias culturales como locales y, por lo tanto, es representativa del conocimiento de las comunidades pesqueras (Fischer et al. 2015). Este conocimiento se considera sustancialmente fáctico, basado en observaciones empíricas de características biológicas de las especies y experiencia a largo plazo del uso de recursos y su relación con el ambiente, así como la validación a través de la interacción social entre pescadores (Usher 2000; Houde 2007). Algunos estudios demuestran que debido a la insuficiencia de datos de prospección disponibles, los datos dependientes de la pesca asociados con el conocimiento de los pescadores pueden utilizarse para identificar hábitats esenciales

de peces (que incluye a las áreas de crianza) (Bergmann et al. 2005; Serra-Pereira et al. 2014). Ejemplo de ellos son estudios sobre la evaluación de los cambios en la abundancia de especies de peces, el entendimiento del uso del hábitat y las interacciones tróficas de peces costeros, el análisis de periodos de reproducción y migración de peces, la identificación de áreas de desove, la determinación de patrones de distribución de los elasmobranquios demersales y la identificación de posibles hábitats esenciales, zonas de pesca y especies de captura incidental (Silvano et al. 2006; Johannes y Neis 2007; Rochet et al. 2008; Silvano y Begossi 2012; Marta y Gasalla 2013; Serra-Pereira et al. 2014).

El conocimiento de los pescadores sobre los ecosistemas y recursos marinos es de gran valor para la gestión pesquera (Hill et al. 2010; Fischer et al. 2015), debido a que puede desempeñar un importante papel en las estrategias de recuperación de poblaciones de especies comerciales. Su información local ofrece un nuevo paradigma basado no solo en evaluaciones de poblaciones, sino en estrategias que protegen y mejoran las zonas de desove, áreas de crianza y protección de reservas y hábitats críticos (Ames 2003; Haggan et al. 2007; Fischer et al. 2015) . El uso de datos dependientes de la pesca y, como complemento, el conocimiento ecológico local han demostrado ser herramientas útiles para la identificación de hábitats esenciales para peces como las áreas de crianza, por lo que el presente trabajo utilizará dichas herramientas para la comparación con los modelos teóricos de áreas de crianza.

Actividad pesquera de tiburones en el sur del Golfo de México

En el sur del Golfo de México existe tradición de consumo de cazones y rayas al menos desde el siglo XIX. En la década de 1940 aparecieron los primeros reportes científicos de capturas de grandes cantidades de varias especies de cazones, principalmente del cazón de ley *Rhizoprionodon terraenovae*. En la década de los cincuenta las especies de tiburones más abundantes y apreciadas en el mercado eran: el jaquetón *Carcharhinus limbatus*, el chach-pat *C. porosus*, xmoa o muan *C. leucas*, el cazón ley *R. terraenovae*, aleta de cartón *C. plumbeus* y canguay *C. acronotus*. *Sphyrna tiburo* (pech) era menos apreciada y la gata *Ginglystoma cirratum* era una de las pocas especies que no se capturaba para consumo humano. En la década de los noventa las especies más

importantes en las capturas en la región fueron *R. terraenovae*, *S. tiburo*, *C. limbatus*, *C. acronotus* y *S. lewini*. En esta época una de las principales preocupaciones fue la alta incidencia de neonatos y juveniles en la captura. La producción en la década pasada (periodo 2000-2008), disminuyó con respecto de las dos décadas anteriores. Actualmente, las especies más frecuentes en los desembarcos de los estados de Campeche y Tabasco son *R. terraenovae* y *S. tiburo*; las mismas que en los años ochenta y noventa. Las demás especies han disminuido gradualmente y se siguen capturando eventualmente (Pérez-Jiménez et al. 2012a).

Algunos pescadores de Tabasco viajan hasta 40 km (o más) alejados de la costa y capturan ocasionalmente especímenes adultos de *C. plumbeus*, *C. leucas*, *S. lewini*, *S. mokarran* y *C. brevipinna*. En Campeche también son capturados ocasionalmente especímenes de *C. leucas* y *S. mokarran*. En ambos estados se mantiene la alta incidencia de neonatos y juveniles de tiburones de las familias Carcharhinidae y Sphyrnidae (Bonfil 1997; Pérez-Jiménez et al. 2012a). Después de 40 años de explotación intensa y no regulada sobre elasmobranquios en el sur del Golfo de México, es indiscutible la disminución de las poblaciones y la inminente preocupación de que las regulaciones establecidas no han sido de utilidad para la recuperación de dichas poblaciones (Pérez-Jiménez et al. 2012a).

La temporada dirigida es la característica más común en las pesquerías de tiburones, que depende principalmente de los cambios en la abundancia de especies debido a los movimientos estacionales (Castillo-Géniz et al. 1998; Pérez-Jiménez et al. 2005; Bizzarro et al. 2009). En el sur del Golfo de México, las pesquerías dirigidas a los tiburones están restringidas a unos pocos meses de actividad. Cuando la temporada incluye varios meses (o todo el año), las actividades en estas pesquerías se alternan con las de otras. La pesquería dirigida a tiburones puede ser dividida en pequeños tiburones (longitud total máxima <150 cm) y tiburones grandes (longitud total > 150 cm). Además, los tiburones son parte de la captura incidental de la mayoría de las pesquerías que usan redes o palangre (Pérez-Jiménez et al. 2012a; Pérez-Jiménez et al. 2012b).

Antecedentes

En estudios previos sobre la identificación de áreas de crianza para *S. lewini* se describe que esta especie utiliza áreas que son geográficamente protegidas, que se localizan en aguas poco profundas y altamente productivas. Se ha registrado que los estadios tempranos de *S. lewini* tienen afinidad a zonas de mayores flujos de sedimentación, mayor cantidad de nutrientes y hábitats costeros poco profundos y turbios, donde se han registrado organismos que van de los 38.5 cm a los 77 cm de longitud total. A continuación, se describe con detalle esos estudios.

En la década de los 70 y 80, varios autores indican que *S. lewini* tiene una amplia área de crianza a lo largo de la costa este de Estados Unidos, que va desde el centro de Florida a Carolina del sur (Dodrill 1977; Wright 1981; Castro 1983; Castro 1987). Sin embargo, con base a la baja frecuencia registrada de neonatos y/o pequeños juveniles por Dodrill (1977) y Wright (1981), parece que el área de crianza se encuentra en la costa sureste de los Estados Unidos, posiblemente al centro de Carolina del Sur.

Castro (1993) realizó una investigación en Bulls Bay (sistema estuarino compuesto principalmente de marismas, y con influencia de ríos y arroyos) con muestreos independientes y dependientes de la pesca; y conocimiento personal del autor. El autor indicó que las zonas donde se encontró a *S. lewini* corresponde a una distancia de la costa de 1 a 4.5 km, a una profundidad de 2 a 4 m, donde registró 16 organismos de *S. lewini*, 4 de ellos neonatos. El autor indicó que es probable que, para algunas especies, las áreas de crianza pueden abarcar más de un tipo de hábitat, teniendo en cuenta el proceso de maduración prolongada de los tiburones y sus diferentes etapas ontogénicas.

Duncan y Holland (2006) establecieron una posible área de crianza para *S. lewini* en Kāne‘ohe Bay (Oahu, Hawaii), la cual es una bahía estuarina, aledaña a arrecifes, con canales de arena poco profundos y que se encuentra alejada de la zona donde habitan organismos adultos. Los muestreos que se llevaron a cabo fueron independientes de la pesca. Los datos de este estudio indicaron que los juveniles muestran preferencia a aguas más profundas durante el día, donde el sedimento se caracteriza por barro y limo, y los lugares de mayor abundancia de tiburones juveniles también correspondían a las

zonas turbias y profundas de la bahía. Además, observaron un pico de mortalidad tras el alumbramiento y registraron pérdida de peso inicial, que puede indicar desnutrición e inanición, y que contribuyó a la alta mortalidad registrada. Lo cual no apoya a la hipótesis de que las áreas de crianza proporcionan una mayor disponibilidad de presas; no obstante refuerza la hipótesis de que las áreas de crianza de elasmobranquios son un valioso refugio ante depredadores (Clarke 1971; Branstetter 1990).

Adams y Paperno (2007) realizan una evaluación preliminar de un área de crianza para *S. lewini*, cerca de la costa Atlántica de Florida. Los datos de este estudio se obtuvieron a partir de muestreos dependientes e independientes de la pesca. Se registraron neonatos de *S. lewini* a finales de mayo e inicios de junio en aguas adyacentes a Cabo Cañaveral y al suroeste de la Bahía Cañaveral, se capturaron a una profundidad de 3.8 a 9.7 m y a temperaturas de 26.1 °C a 26.6 °C. Los neonatos de esta región variaron en tamaño de 38.5 a 50 cm (LT). Determinando así, que en el periodo de 1994 a 1997 *S. lewini* ocupa la zona como área de crianza primaria. La extensa planicie del banco, las aguas más profundas de la Bahía Cañaveral (de 6 a 10 m y con sedimentos finos como limo y arcilla) y la zona de transición de la plataforma pueden proporcionar áreas de alimentación importantes para esta especie. Las aguas poco profundas y el hábitat único del banco con profundidad de 1 a 10 m proporcionan a los neonatos un mayor nivel de protección frente a los grandes depredadores. Los autores registraron que las aguas estuarinas del sistema lagunar de los ríos Indian y Banana parecen no ser utilizadas como áreas de crianza por *S. lewini*.

Parsons y Hoffmayer (2007) registraron un área de crianza compartida en las costas de Mississippi y Alabama con datos independientes de la pesca. Registraron mayores abundancias de *Rhizoprionodon terraenovae, Carcharhinus limbatus* y *C. isodon*. En su estudio observaron 13 organismos de *S. lewini*, de los cuales 9 eran neonatos, que fueron capturados a una profundidad de 3.4 m con 29 °C y los juveniles del primer año, a 2.9 m de profundidad con 29.3 °C y 30 °C.

Brown et al. (2016) evaluaron el estuario del río Rewa como un área potencial de crianza para *S. lewini* dentro de las aguas de Fiji, con base a datos independientes de la pesca y los supuestos de Heupel et al. (2007). Registraron 82 juveniles, con un intervalo

de talla de 49-77 cm (LT) y fueron encontrados en el estuario durante todo el período de muestreo de febrero a junio de 2012, junto con la evidencia de que todos los juveniles recolectados habían estado alimentándose activamente. Estas dos observaciones proporcionan un fuerte soporte de que el estuario del río Rewa es un sitio de agregación y posiblemente comparte la conectividad del hábitat con un área de crianza para *S. lewini* en Fiji; aunque no se observaron neonatos durante el curso del estudio. Además, se identificaron cuatro grupos de presas clave en los estómagos de *S. lewini*: decápodos, estomatópodos, anguilas estuarinas y varios peces óseos.

Un trabajo que es pionero en la descripción de áreas de crianza con análisis de datos dependientes de la pesca es el realizado por Oñate-González et al. (2017), quienes analizan registros de captura incidental de tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) en la Bahía Sebastián Vizcaíno (BSV), evaluando los resultados con los criterios propuestos por Heupel et al. (2007) para la identificación de áreas de crianza. Concluyeron que los resultados son consistentes con los criterios de áreas de crianza (Heupel et al. 2007), por lo que demostraron la utilidad de registros dependientes de la pesca para probar los criterios propuestos por dichos autores.

Justificación

De acuerdo con los registros de peso desembarcado de tiburón para el Golfo de México y Caribe, se registró un total de 2,442 t en el 2013, siendo Tabasco el estado con mayor aporte (26 %), seguido de Veracruz (23 %) y Tamaulipas (22 %); y Campeche aportó con 16 % (CONAPESCA 2013). De los monitoreos realizados de las capturas artesanales de tiburón en el Golfo de México, los desembarques consistieron en 34 especies, donde *S. lewini* representó el 5 % (4,236 organismos) de la captura total (Castillo-Géniz et al. 1998), y en el sur del Golfo de México fueron registradas 21 especies y *S. lewini* representó el 7 % (2,024 organismos) de la captura total (Pérez-Jiménez y Méndez-Loeza 2015).

La pesquería de tiburón experimenta una explotación inadecuada en la costa mexicana del Golfo de México. La captura de neonatos, juveniles y hembras grávidas de varias especies se sigue llevando a cabo como resultado de la pesca dirigida o incidental (Castillo-Géniz et al. 1998; Márquez-Farías 2002). La mejora de nuestra capacidad para manejar las poblaciones de tiburones costeros es fundamental, ya que las poblaciones

de tiburones han disminuido en el Golfo de México (Baum y Myers 2004). La caracterización de los hábitats que utilizan las especies es esencial para una comprensión completa de su biología e incorporar su papel ecológico en los programas de conservación y manejo (Levin y Stunz 2005; Froeschke et al. 2010; Awruch et al. 2014). Así, la identificación y protección de áreas de crianza, es fundamental en la conservación de los tiburones y debería figurar en todo plan de manejo de estas especies, debido a que la mortalidad por pesca es extremadamente alta en estas áreas y afecta la dinámica del stock recluta (Bonfil 1997).

La NOM-029-PESC-2006 (DOF 2006) considera que los estudios efectuados y la información proporcionada por el sector productivo, han permitido conocer que existen zonas del litoral que son importantes áreas de reproducción, nacimiento y crianza de algunas especies de tiburones y rayas, por lo que se hace necesario proteger a dichos recursos biológicos durante esas etapas. Se han establecido áreas de refugio para proteger el proceso de reproducción y/o nacimiento de los tiburones y rayas, de las cuales destaco las que están adyacentes al área de estudio del presente trabajo, que son, Laguna de Términos en el Estado de Campeche, desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta en el Estado de Tabasco y Laguna de Yalahau en el Estado de Quintana Roo (Poder Ejecutivo Federal 2007). Desafortunadamente en la asignación de dichas áreas no se especifica para qué especies y qué función específica tienen para las especies. Por lo cual es importante caracterizar las áreas de pesca de *S. lewini*, analizando la frecuencia de tallas y estadios presentes en los desembarques pesqueros, y considerando el conocimiento ecológico local (CEL), con la finalidad de identificar áreas de crianza para la especie. Con base a esto, se tiene la ventaja que con datos dependientes de la pesca y CEL se obtiene información tanto a nivel temporal y espacial por periodos de tiempo más largos.

Pregunta

¿Las zonas del sur del Golfo de México donde incide la pesca sobre *Sphyrna lewini* cumplen con alguno de los modelos teóricos de áreas de crianza?

¿Usando registros dependientes de la pesca es posible identificar áreas de crianza para *S. lewini* con base en los supuestos de alguno de los modelos teóricos?

Hipótesis

Debido a la presencia de hábitats costeros poco profundos y turbios en el sur del Golfo de México, se espera que *S. lewini* utilice dichos hábitats como área de crianza.

Objetivo general

Determinar si existen zonas que puedan ser usadas como áreas de crianza por *S. lewini* en el sur del Golfo de México, con base en registros dependientes de las pesquerías y conocimiento ecológico local.

Objetivos particulares

- Describir la estructura de la población de *Sphyrna lewini* en la cual incide la pesca en el sur del Golfo de México.
- Identificar y caracterizar las zonas donde incide la pesca de *S. lewini* en el sur del Golfo de México.
- Determinar con base en los modelos teóricos si en el sur del Golfo de México existen áreas de crianza para *S. lewini.*

Área de estudio

El Banco de Campeche es una gran plataforma continental alrededor de la Península de Yucatán, en el sur del Golfo de México, con una amplitud que varía de 30 a 216 km y una profundidad de 10-200 m (Bergantino 1971). El Banco de Campeche presenta una estacionalidad regional formada por tres temporadas climáticas que afectan las condiciones oceanográficas de la plataforma: secas (marzo – mayo), lluvias (junio – octubre) y nortes (noviembre – febrero); y un periodo propenso a huracanes se presenta entre junio y noviembre (Yañez-Arancibia y Sánchez-Gil 1982; Expósito-Díaz et al. 2009; Ayala-Pérez et al. 2012). Durante la temporada de nortes, el proceso de mezcla puede romper la estratificación y alcanzar a homogeneizar la columna de agua hasta los 175 m, lo que también produciría disturbios en el ambiente de fondo con una alta resuspensión y movimiento de sedimentos (Vidal et al. 1994).

En la plataforma interna se destaca la influencia de los materiales terrígenos descargados en la parte occidental; sedimentos mixtos en la parte media y sedimentos calcáreos al oriente; mientras que en la plataforma externa se encuentra el Escarpe de Campeche y sedimentos limo-arcillosos calcáreos de origen arrecifal y autigénico (Gío-Argaez et al. 2002). Las divisiones de la costa de Campeche acuerdo a sus rasgos hidrológicos son: 1) zona sur o región de los ríos que comprende la parte media del Estado a partir del río Champotón hacia el suroeste donde limita con el estado de Tabasco en el río San Pedro y 2) zona norte o región de los petenes, localizada al norte del río Champotón hasta el estero de Celestún en el estado de Yucatán (Lara-Domínguez et al. 1990) (Fig. 1). Existen dos provincias sedimentarias en el Banco de Campeche: a) plano deltaico y b) ambiente carbonatado. La primera es una zona activa de depositación de sedimentos terrígenos aportados por el complejo fluvio-lagunar del sureste de México, en tanto que la segunda, representa una amplia extensión del ambiente cárstico característico de la península de Yucatán, cubierta por rico material detrítico (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega 2010). La acción conjunta de la deposición de esqueletos coralinos y otros materiales calcáreos propició la elevación de plataformas de tipo coralino que ahora conforman ecosistemas arrecifales bien desarrollados (p.ej. Cayo Arcas, Arrecifes de Sisal) al norte y oeste del Banco de Campeche (Tunnell et al. 2007).

La plataforma continental no presenta descargas de ríos superficiales permanentes, debido a que la naturaleza cárstica del suelo favorece que la zona costera sea drenada por agua dulce subterránea que descarga directamente al mar a través de manantiales o de forma difusa (Herrera-Silveira 2006). Un estudio reciente identificó que la masa de agua que cubre la zona costera del Banco de Campeche está formada principalmente por dos grupos termohalinos estratificados: 1) el agua de fondo (150 – 250 m) que pertenece al Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (22 – 26 °C y 36.4 – 36.7 ups) y 2) el agua superficial (0 – 50 m) que pertenece al Agua Marina de Yucatán (26-31 °C y 36.4-36.8 ups) (Enriquez et al. 2013).

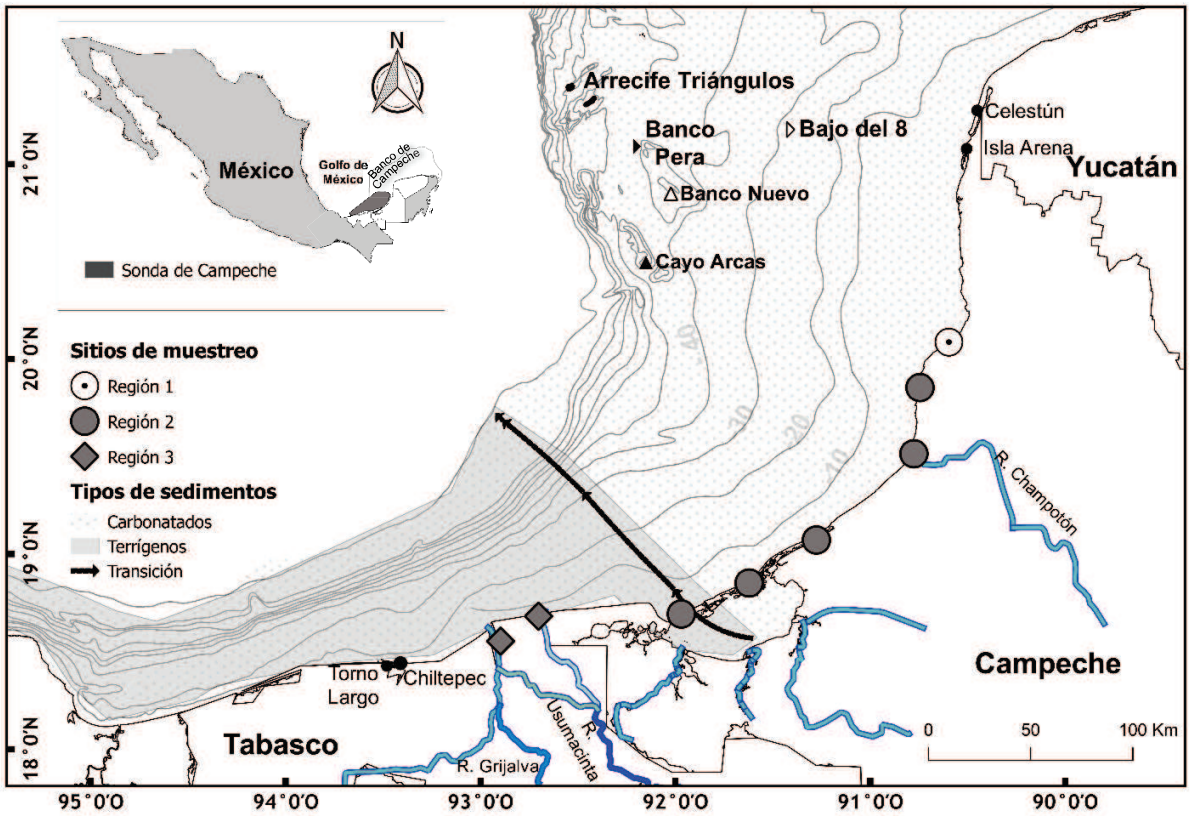

Figura 1. Localización de sitios de muestreo. Sitios registrados en las bases biológico-pesqueras analizadas, Torno Largo, Chiltepec, Frontera y San Pedro (Tabasco), Cd. del Carmen, Isla Aguada, Sabancuy, Champotón, Seybaplaya y San Francisco de Campeche, Isla Arena (Campeche), Celestún y Progreso (Yucatán).

Metodología

Composición de la captura (tallas y sexo) de *Sphyrna lewini*

Para la descripción de la composición de la captura de *Sphyrna lewini* en el sur del Golfo de México, se analizaron las bases de datos biológico-pesqueras (datos dependientes de la pesca proporcionados por el Dr. Leonardo Castillo) correspondientes al periodo de 1993 (diciembre) a 1994 (enero-octubre), de desembarcos en los puertos de San Francisco de Campeche, Seybaplaya, Champotón, Sabancuy, Isla Aguada y Ciudad del Carmen (Campeche); y al periodo de 2007 al 2017 (bases procedentes del laboratorio de Ecología Pesquera de ECOSUR) de las localidades pesqueras de Progreso y Celestún (Yucatán), Isla Arena, San Francisco de Campeche, Seybaplaya, Champotón, Sabancuy, Isla Aguada y Cd. del Carmen (Campeche) y San Pedro, Frontera, Chiltepec y Torno Largo (Tabasco) (Fig.1). Los puertos de San Pedro y San Francisco de Campeche son los dos principales puertos de desembarco de *S. lewini*.

De las embarcaciones menores que arriban a los puertos, se registró el equipo de pesca, profundidad y distancia de la costa donde se realizó la pesca (a excepción de las bases correspondientes al periodo de 1993-1994), duración del viaje, especies desembarcadas y/o el peso total de las especies capturadas. La logística de muestreo fue variable y estuvo en función de la importancia de cada puerto para la captura de tiburones y rayas, por lo que no se tiene un muestreo homogéneo, es decir, que no se tiene un esfuerzo de muestreo equivalente tanto para cada localidad como para cada año y mes. Se realizó una descripción de las localidades muestreadas con sus respectivos días de muestreo por año (Tabla 2), con un total de 746 días. En cada uno de los puertos, de los organismos desembarcados se identificó la especie *S. lewini* con base a Compagno (1984), y se registró el sexo, por la presencia (en machos) o ausencia (hembras) de los órganos copuladores llamados gonopterigios, y la longitud total (LT) de cada uno de los organismos (cuando fue posible). A los organismos que fue posible disectar (solo en muestreos realizados en 2017) se les extrajo el estómago, se etiquetaron con los datos de sexo y longitud total, fecha y localidad de registro. Estos fueron llevados al laboratorio de ecología pesquera de ECOSUR y almacenados en un congelador para evitar que continuara el proceso de digestión. Los estómagos fueron

utilizados para complementar los resultados de este estudio como se explicará más adelante. Se midieron y sexaron 310 individuos en 1993-1994. En 2007-2017 se midieron 1698 y sexaron 1572 individuos, debido a la dinámica de los pescadores no se pudieron medir 2211 ejemplares. Para este periodo se registró un total de 3909 individuos.

Se realizó una comparación entre el periodo de 1993-1994 y 2007-2017, incluyendo los datos de Campeche y Tabasco, con una prueba no paramétrica U Mann-Whitney para corroborar si existían diferencias significativas en la composición de tallas entre periodos. Se evaluó la proporción sexual por periodos con base a 1M:1H utilizando una prueba de independencia de chi-cuadrada (X^2).

Tabla 2. Localidades de muestreo por años y meses. E: Enero, F: Febrero, Mz: Marzo, Ab: Abril, My: Mayo, Jn: Junio, Jl: Julio, Ag: Agosto, S: Septiembre, O: Octubre, N: Noviembre y D: Diciembre. R: Regiones. * Datos obtenidos del mercado de San Francisco de Campeche correspondiente a 2 días.

Localidad	R	1993	1994	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Días
San Francisco de Campeche	**1**	D	E-O	*			*	S1	F-My	E-D	En, Ab-D	E-D	E-D	E-Jn	390
Champotón	**2**	D							E-D	E-Ab, Ag	Mz				87
Seybaplaya	**2**		F							F-N	F-N			F	32
Sabancuy	**2**		Mz-O						My	Ab-My, O					22
Isla Aguada	**2**		Ab-Ag		Ag			Ag							13
Cd. del Carmen	**2**	D	Ab-Ag					My-Ag	Mz	F, Ag				Jn	32
San Pedro	**3**			Ag-D	En-D	E-S	F-N		Ab-D		F			My, Jl, S	197
Frontera	**3**				Ab-Jn										3
Total		9	100	6	28	6	11	9	228	143	89	68	44	35	**776**

Localidades con registro de *S. lewini*

Las localidades fueron agrupadas con base en la semejanza de su equipo de pesca (Tabla 3) y su distancia adyacente (que en algunos casos sugiere que los pescadores usan la misma zona de pesca), quedando como Región 1 (San Francisco de Campeche) que en su mayoría ocupan redes, Región 2 (Seybaplaya, Champotón, Sabancuy, Isla

Aguada y Ciudad del Carmen) utilizan redes y palangre, y Región 3 (San Pedro y Frontera) utilizan palangre mayormente; para los dos periodos de tiempo analizados. Las demás localidades que no fueron integradas (de los estados de Campeche, Tabasco y Yucatán) fue debido a que en estás no se tuvieron registros de la especie durante los desembarcos. Se mencionaron anteriormente (Fig. 1) para ejemplificar el total de localidades muestreadas y que solo en algunas se obtuvieron los registros de la especie.

Pérez-Jiménez y Méndez-Loeza (2015) describen las características de 18 pesquerías presentes en el sur del Golfo de México, en los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán, de las que principalmente tres pesquerías son las que inciden en *S. lewini* (Tabla 4). La pesca incidental ocurre en todas las localidades mencionadas en la Tabla 3, y en la pesquería de bagre y raya en Frontera y San Pedro, Tabasco y en la de róbalo en Ciudad del Carmen, Frontera y San Pedro.

Tabla 3. Principales pesquerías que capturan *S. lewini* en sur del Golfo de México. MP: redes de multifilamento poliamida. Posición del equipo de pesca: fondo (F) o deriva (D). Tamaño: abertura de malla o tamaño de anzuelo (cm). Tabasco (T), Campeche (C) y Yucatán (Y). Modificado de Pérez-Jiménez y Méndez-Loeza (2015).

		Posición				**Áreas de pesca (km de la costa)**			**Estados donde ocurre**		
Pesquería	**Equipo de pesca**	**F**	**D**	**Tamaño (cm)**	**# de botes**	**<20**	**20-50**	**>50**	**T**	**C**	**Y**
Pequeños tiburones	Red agallera, nylon y MP	X	X	11.5	100-130		X			X	X
Bagre y raya	Palangre	X		4.5	150-200		X		X	X	
Róbalo	Red agallera, nylon	X	X	15-18	250-300	X			X	X	

A continuación, se desglosa el número de individuos observados para cada una de las regiones correspondientes a los dos periodos analizados (Tabla 4), para especificar la contribución de organismos en cada una de ellas y su aporte al registro total de organismos.

Tabla 4. Número de *S. lewini* observados por región con respecto a los dos diferentes periodos de tiempo.

Periodo de tiempo	**Región 1**	**Región 2**	**Región 3**	Total
1993-1994	99	211		310
2007-2017	1738	57	2114	3909
Total	1837	268	2114	**4219**

Análisis de datos

Se analizaron los datos de tallas, espacial y temporalmente para identificar un patrón de captura para cada región y periodo de tiempo, para determinar qué tallas componen la captura de los desembarques de las regiones pesqueras muestreadas. Esto se realizó con histogramas de frecuencia usando los programas SigmaPlot y Excel.

Se determinaron los estadios de madurez presentes en los criterios de los modelos teóricos de áreas de crianza; neonatos, juveniles del primer año (JPA), juveniles mayores de un año (J) y adultos (A), con base a la literatura y el calculó de edad con la ecuación inversa de crecimiento de von Bertalanffy (1938) (Sparre y Venema 1997):

$$\boldsymbol{t(L) = t_0 - \frac{1}{k}\ln(1 - \frac{L}{L_\infty})}$$

Donde: *t(L)*= edad individual, t_0= es el tiempo hipotético cuando la longitud es cero, k= coeficiente de crecimiento, L= La talla al tiempo t y L_∞= la longitud máxima teórica a la que puede llegar un individuo (longitud asintótica).

Los neonatos presentan una cicatriz umbilical abierta y se estableció con base a la literatura y observación en campo que tienen tallas de 38.5-54 cm (LT) (Branstetter 1987; Zarate 2002; Adams y Paperno 2007; Piercy et al. 2007). Con el cálculo de edad se distinguieron los juveniles del primer año (JPA) de los juveniles mayores de un año (J), siendo los JPA aquellos individuos que tienen igual o menos de un año de edad. Las hembras maduran a un intervalo de 220-250 cm (LT) y los machos de 161-180 cm (LT) (Branstetter 1987; Zarate 2002; Adams y Paperno 2007; Piercy et al. 2007).

Los parámetros para el cálculo de edad son diferentes por sexos, por lo que se tomaron como referencia los registrados por Piercy et al. (2007) (Tabla 5):

Tabla 5. Parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (1938) con base a Piercy et al. (2007).

Parámetros	Hembras	Machos
t_0 (y)	-2.22	-1.62
K (y^{-1})	0.09	0.13
L_∞ (cm)	233.1	214.8

La longitud asintótica (L_∞) en Piercy et al. (2007) se registra como longitud furcal (LF), por lo que la longitud furcal fue calculada con la ecuación de regresión lineal propuesta por Piercy et al. (2007):

$$\mathbf{LT = 1.296 * LF + 0.516}$$

Los resultados de estadios de madurez fueron graficados en relación a la captura por años (para el periodo 1993-1994 y 2007-2017), mes y región. Esto con la finalidad de observar cambios en las frecuencias de captura temporal y espacial.

Identificación de zonas de pesca de *Sphyrna lewini* mediante conocimiento ecológico local

Para identificar las zonas donde incide la pesca de *S. lewini*, se realizaron encuestas semi-estructuradas en 2017 a capitanes de lanchas de San Pedro, Tabasco y San Francisco de Campeche. La encuesta semi-estructurada pretendía identificar si existía un patrón en las zonas de captura de la especie (si son consistentes o no), la ubicación aproximada de las zonas y si las zonas de pesca varían con respecto a la talla y/o estadio. Los pescadores no proporcionan tallas, sino pesos, y para poder clasificar los estadios con los datos de pesos proporcionados por los pescadores, a las tallas registradas en las bases biológico-pesqueras se les calculó el peso con base a la ecuación de la relación longitud-peso de Branstetter (1987):

$$\mathbf{wt = 1.26 * 10^{-5} * TL^{2.81}}$$

La información de las encuestas semi-estructuradas se complementó con las bases de datos pesqueros del periodo 2007-2017 (registro de desembarques), las cuales registran los datos necesarios para la ubicación de las zonas de pesca. Por lo tanto, se tienen tres fuentes de información para describir las zonas de pesca de *S. lewini*:

1. El análisis de las bases de datos pesqueros correspondientes al periodo de 2007-2017, las cuales tiene registros de las zonas de pesca aproximadas. Los pescadores mencionan datos importantes para la ubicación de las zonas, como es la distancia desde la costa (en millas náuticas), el rumbo donde se localiza la zona de pesca y la profundidad aproximada (en brazas).

2. El conocimiento ecológico local permitió obtener la ubicación de las zonas donde han llevado a cabo la pesca de *S. lewini* a través de los años. Esta Información es proporcionada por los pescadores durante las entrevistas semi-estructuradas realizadas en San Francisco de Campeche y San Pedro, Tabasco.

3. El conocimiento ecológico local permitió obtener la ubicación las zonas de captura de *S. lewini* en un mapa, que contiene puntos de referencia como plataformas petroleras, ríos, cayos, etc. El mapa formaba parte de la entrevista semi-estructurada (Anexo 1).

Con base a las tres fuentes de información sobre la ubicación de zonas de pesca, se realizaron mapas para identificar las zonas que los pescadores frecuentan, además de identificar la distribución de los estadios capturados. Los mapas se realizaron con apoyo de la aplicación Google Earth Pro y el programa Qgis 2.18.3. Para la representación de las capturas por estadios y región, se representaron primero las zonas registradas en las bases de datos de desembarcos pesqueros correspondientes al periodo 2007-2017, seguido de las zonas indicadas en las entrevistas realizadas en 2017 en San Francisco de Campeche y San Pedro, Tabasco (Anexo 2-4).

Identificación de áreas de crianza para *S. lewini*

Para determinar si existen áreas de crianza en el sur del Golfo de México para *S. lewini,* se realizaron histogramas de frecuencia de los registros de neonatos y juveniles del primer año (JPA), anual y mensualmente para cada una de las regiones, con base al fundamento general establecido en los modelos teóricos utilizados, que indica que, para la identificación de áreas de crianza existe una mayor frecuencia de estadios tempranos. Además, con base a los criterios de Branstetter (1990) se calculó la frecuencia relativa de neonatos y juveniles (agrupando JPA y juveniles mayores de un año) por región. Así, mediante el análisis de estos registros se determinó si las regiones corresponden a alguno de los modelos teóricos de áreas de crianza.

Equipos de pesca

Para observar las frecuencias de estadios por captura de red y palangre se realizaron histogramas de frecuencias. Los organismos con registro del equipo de pesca con el cual fue extraído y longitud total correspondieron a un total de 1698 individuos y con respecto a estadios se pudieron catalogar 1575 individuos.

Análisis de contenido estomacal

Se analizó el contenido estomacal con la finalidad de registrar las presas que consume *S. lewini* y analizar si existen diferencias en la dieta entre los organismos capturados por la flota pesquera entre la Región 1 y 3 (San Francisco de Campeche y San Pedro, Tabasco respectivamente, en la región 2 no se obtuvieron muestras de estómagos). Mediante la información de dieta se podrá determinar de forma complementaria si los neonatos y/o juveniles están siendo capturados en las mismas zonas de pesca o en zonas con condiciones similares en cuanto a disponibilidad de alimento, a mayor similitud en las presas los organismos son capturados en zonas que presentan condiciones similares y a menor similitud los organismos son capturados en zonas diferentes. Lo anterior debido a que los registros de desembarcos históricos sugieren que las zonas de pesca en ambas localidades se traslapan.

Se procedió al cálculo de la proporción de llenado tomando valores de 0 a 4 con base a Stillwell y Kohler (1982), con la finalidad de registrar la intensidad aproximada con

la que se estaban alimentando los organismos a la hora de su captura. El contenido estomacal se lavó con ayuda de un tamiz para evitar la pérdida de las estructuras que no son observadas a simple vista. Las presas encontradas se identificaron hasta el nivel taxonómico mínimo posible, dependiendo de su estado de digestión. Se consideraron cuatro estados de digestión de acuerdo a Galván-Magaña (1999): 1) presas consumidas recientemente, 2) presas sin piel pero con carne, 3) presencia de esqueletos de peces y 4) estructuras duras como otolitos, restos de crustáceos y picos de cefalópodos, con la finalidad de clasificar los ítems y unir por presas; y su posterior identificación.

Para cada estado de digestión se utilizaron diferentes claves en la identificación taxonómica de los organismos. Para peces en estado 1 se utilizó la guía para el Golfo de México de McEachran y Fechhelm (1998). Para otolitos se utilizaron las guías correspondientes (Campana 2004; Hernández-García et al. 2004; Baremore y Bethea 2010; Moreno S/a), para estructuras óseas y vertebras se utilizó la guía electrónica del museo de Florida de historia natural (McEwan et al. S/a) y la osteobase de Tercerie et al. (2016). La identificación de picos de calamares fue a través de la guía de identificación de Clarke (1986) y con la validación de un experto (Unai Markaida, comentario personal).

Los distintos componentes alimentarios fueron analizados cuantitativamente, empleando los métodos de Hyslop (1980) y Calliet et al. (1996):

Método numérico (N): Con este método se contó el número de individuos de cada tipo de presas presente en el total de estómagos analizados. Se obtuvo la proporción del número de individuos de cada presa con respecto al número total de ejemplares de presa y se calculó el porcentaje con la siguiente formula:

$$N = \frac{n}{NT} * 100$$

Donde: NT= es la sumatoria del número de todos los componentes alimenticios y *n*= es la sumatoria del número de cada una de las presas.

Método gravimétrico (G): A partir de este método se obtuvo el peso húmedo de cada presa en la totalidad de los estómagos. Con lo cual se calculó la proporción del peso

total de cada presa con respecto al peso total de alimento representándolo en porcentaje, utilizando la siguiente formula:

$$G = \frac{p}{PT} * 100$$

Donde: PT= es el peso (g) de la totalidad de especies presa y p= es el peso (g) de un determinado tipo de presas.

Frecuencia de ocurrencia (FO): es el número de estómagos que contenían un determinado tipo de presa y se expresa como porcentaje de acuerdo al total de estómago con contenido:

$$FO = \frac{n}{NE} * 100$$

Donde: NE= es el número total de estómagos con alimento y n= es el número de estómagos que tienen el mismo componente alimenticio.

Para describir y evaluar la importancia relativa de las presas consumidas se realizará el cálculo del índice de importancia relativa (IIR) para determinar la presa más significativa en la alimentación de *S. lewini.*

El cálculo del índice de importancia relativa (IIR) se realizó utilizando la fórmula descrita por Pinkas et al. (1971):

$$\boldsymbol{IIR} = (\%\boldsymbol{N} + \%\boldsymbol{G})\%\boldsymbol{FO}$$

Donde: %N= es la composición numérica porcentual, %G es la composición gravimétrica porcentual y %FO es la frecuencia de ocurrencia porcentual (Pinkas et al. 1971).

Para obtener valores porcentuales de IIR y tener una mejor comparación de cada presa se utilizó la fórmula de Cortés (1997):

$$\%IIR = 100 * IIR / \sum_{i=1}^{n} IIR\ i$$

Debido a que los cristalinos de peces no se ven afectados por los ácidos gástricos (Ferenbaugh 2007), el número de cristalinos que se encuentran en el estómago puede ser un medio para estimar la importancia relativa de peces en la dieta (Hernández-García 1995). Proporcionan así, las estimaciones menos sesgadas de la cantidad de peces presa consumidos (Ferenbaugh 2007). Sin embargo, al igual que con todos los conteos físicos, existen problemas al usar cristalinos para análisis de dieta, ya que no hay forma de identificarlos a nivel de especies de peces (Cottrell y Trites 2002). Por lo tanto, se realizó la comparación de los análisis con y sin cristalinos, para así, poder obtener que presa es la que mayor aporte tiene del porcentaje de IIR a un nivel taxonómico más fino.

Se realizó un análisis de porcentaje de similaridad (SIMPER) con base a la frecuencia de ocurrencia (%FO)**,** para determinar la similitud de las presas entre la región 1 y región 2. El análisis SIMPER calcula la contribución de cada especie (%) a la desemejanza entre cada dos grupos. Se calcula a partir de la matriz de desemejanza de Bray-Curtis (Clarke y Warwick 2001)**.** El análisis se realizó con apoyo del programa Primer V 6.0

Resultados

Estructura de tallas de *Sphyrna lewini*

Se registraron un total de 4219 tiburones de la especie *S. lewini*. Al comparar las localidades muestreadas a través del periodo de tiempo de 1993-1994 y 2007-2017, se observó que el año 2012 tuvo un mayor registro de individuos, con 37% (n= 1581) (Fig. 2a). De los individuos sexados, 1011 (54 %) fueron machos y 871 (46 %) hembras, siendo el 2012 el año con la mayor frecuencia tanto para hembras (17 %) y machos (13 %) (Fig. 2b). La frecuencia relativa del número de organismos por año es reflejo de la intensidad de muestreo.

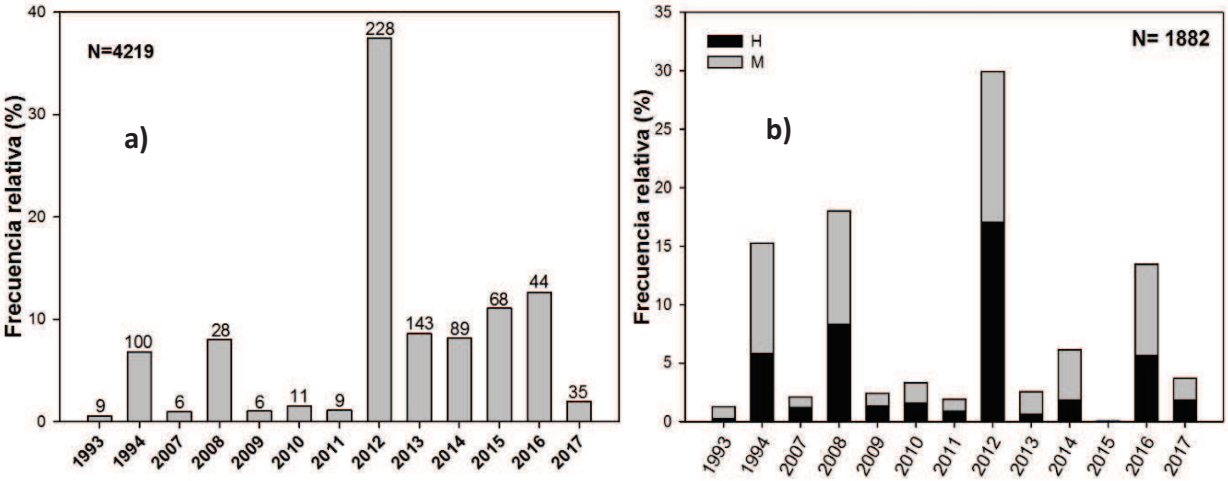

Figura 2. Frecuencia relativa anual de *S. lewini* para el periodo de a) 1993-1994 y 2007-2017 y b) la frecuencia por sexos para ambos periodos. H: hembras, M: Machos. Los números arriba de cada una de las barras indican los días de muestro para cada año.

No hay diferencias significativas (U=182522, p= 0.22) en la comparación de la composición de tallas entre los dos periodos de tiempo (1993-1994 con respecto a 2007-2017) (Fig. 3). El intervalo de talla para ambos sexos fue de 35.5-354 cm (LT), en hembras fue de 42-354 cm, con intervalo de edad de 0 a ≥ 21 años y para machos de 35.5-300 cm con edades de 0 a ≥ 43 años (Tabla 6). Para la proporción de sexos del periodo de 2007-2017 no hubo diferencias significativas con respecto a la proporción 1:1 (Fig. 3a) y el periodo de 1993-1997 tuvo diferencias significativas con una proporción de 1.7 machos por hembra (Fig. 3b). Para la región 1 el intervalo de tallas con mayor número de registros fue de 91-110 cm (55 %, $\bar{x}$= 39, D. E.= 89) y para la región 2 y 3 de 51-70 cm, con 46 % ($\bar{x}$= 15, D. E.= 30) y 48 % ($\bar{x}$= 64, D. E.= 138) respectivamente (Fig. 4).

Tabla 6. Edad, intervalo, sexo y número de tiburones registrados por estadio.

Estadio	Individuos con registro de edad	%	Hembras cm (LT)	Edad	Machos cm (LT)	Edad
Neonatos	279	15	42-54	0	35.5-57	0
JPA	830	**44**	54.1-86	≤1	58-93	≤1
Juveniles	683	36	86.7-178	>1 a 8	94-168.5	>1 a 5
Adultos	93	5	220-354	12≥21	169-300	6≥43
Total	**1885**	100				

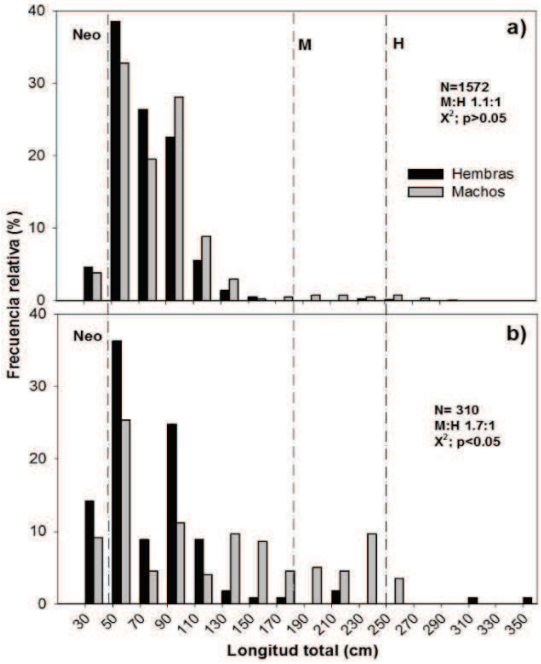

Figura 3. Comparación de estructura de tallas y proporción de sexos por periodos de tiempo. a) Periodo 2007-2017 y b) 1993-1994. Las líneas punteadas corresponden a intervalos de talla reportados para neonatos (ne) e intervalos de tallas de madurez sexual para (M) machos y hembras (H).

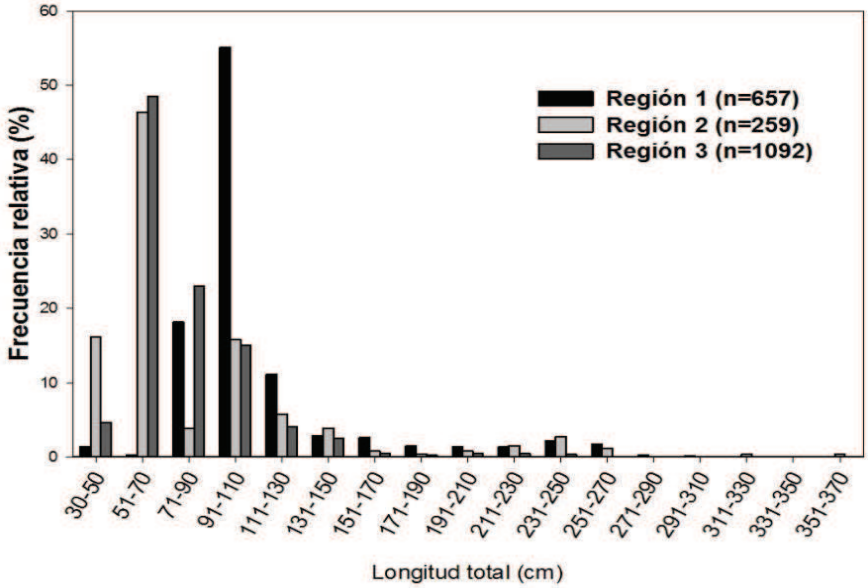

Figura 4. Frecuencia relativa de tiburones martillo por longitud y región.

Estadios de madurez

De los 1885 organismos clasificados por estadio, los JPA fueron los más representativos con un 44 % (n= 830). En 1994 se reportó la mayor cantidad de adultos (52 %) y el 2012 aportó el 41 % de juveniles del primer año (JPA) y el 37 % de neonatos (Fig. 5a). Se observó una mayor frecuencia de neonatos de mayo a junio (con un 77 %), de JPA de junio a julio, con la mayor frecuencia en julio (27 %). Es interesante notar que la mayor frecuencia de registros de neonatos y JPA se obtuvo en meses subsecuentes a los mayores registros de adultos; puede que exista una relación entre la mayor frecuencia de adultos con el mayor registro de neonatos y JPA (Fig. 5b).

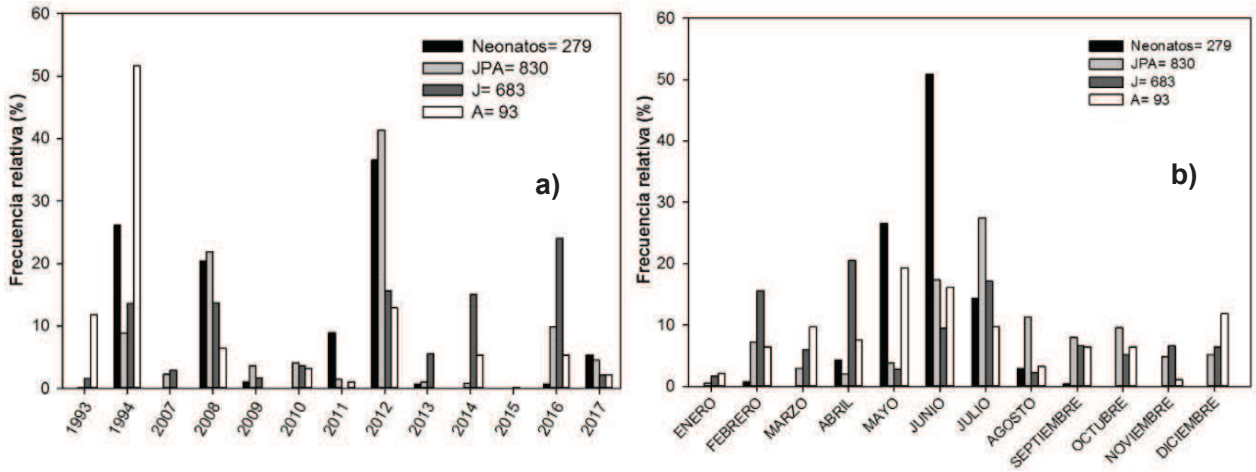

Figura 5. Frecuencia relativa de cada estadio de madurez capturados por a) año y b) mes. JPA: Juveniles del primer año, J: Juveniles, A: Adultos. La frecuencia relativa se obtuvo a partir del número de individuos por estadio con respecto a cada año.

En las tres regiones analizadas se registraron los cuatro estadios de madurez. Para la región 1 los juveniles mayores de un año representaron la mayor frecuencia, con el 67 % (n= 360), en la región 2 el estadio más frecuente fueron los neonatos, con el 37 % (n= 95) y para la región 3 los JPA aportaron un 59 % (n= 638) (Fig. 6).

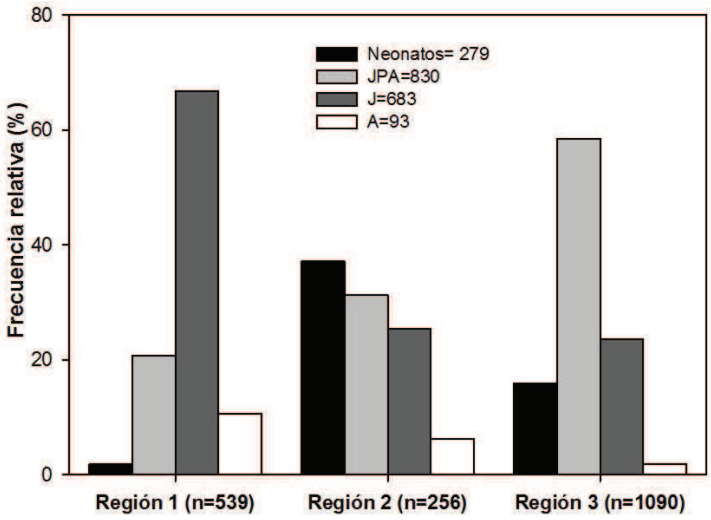

Figura 6. Frecuencia relativa de los estadios registrados para las tres regiones. JPA=juveniles del primer año, J= juveniles mayores de un año y A= adultos. Región 1: norte de Campeche, Región 2: centro-sur de Campeche, Región 3: costa de Tabasco.

Zonas de pesca de *Sphyrna lewini* (conocimiento ecológico local)

Para la identificación de las zonas de pesca, se representaron las zonas de captura para *S. lewini* correspondientes a los registros de la base de datos pesqueras correspondientes al periodo de 2007-2017. Se observa que los organismos juveniles mayores de un año (indicados como juveniles) se distribuyen al norte de Campeche (región 1) a diferencia de la distribución de los juveniles del primer año (JPA) registrados frente a las costas de Cd. del Carmen y San Pedro (región 2 y 3, respectivamente) (Fig. 7).

Las entrevistas semi-estructuradas (Anexo 1) se realizaron a capitanes de lanchas de San Pedro con un intervalo de edad de 23 a 66 años; el 86 % (n= 25) de pescadores entrevistados tenían más de 10 años de experiencia en la pesca; y en San Francisco de Campeche el intervalo de edad de los pescadores fue de 25 a 80 años y el 86 % (n= 19) de los entrevistados tenían más de 10 años de experiencia. Con base a las entrevistas se observa una distribución diferente de los neonatos y JPA con respecto a los juveniles mayores de un año. Los neonatos y JPA se registran principalmente en zonas someras frente a las costas de Tabasco (Región 3), aproximadamente a profundidades de 30 m y con menor frecuencia a 40 m (Fig. 8). Durante las entrevistas los pescadores mencionaron que esporádicamente capturan hembras grávidas en la zona cercana donde se distribuyen los neonatos. En cambio, los juveniles mayores de un año (Juveniles) se observan con una amplia distribución en el norte de Campeche (Región 1), en intervalos de profundidad de 10 a 40 m (Fig. 9) y se observa que en esta región casi no se capturan neonatos y JPA.

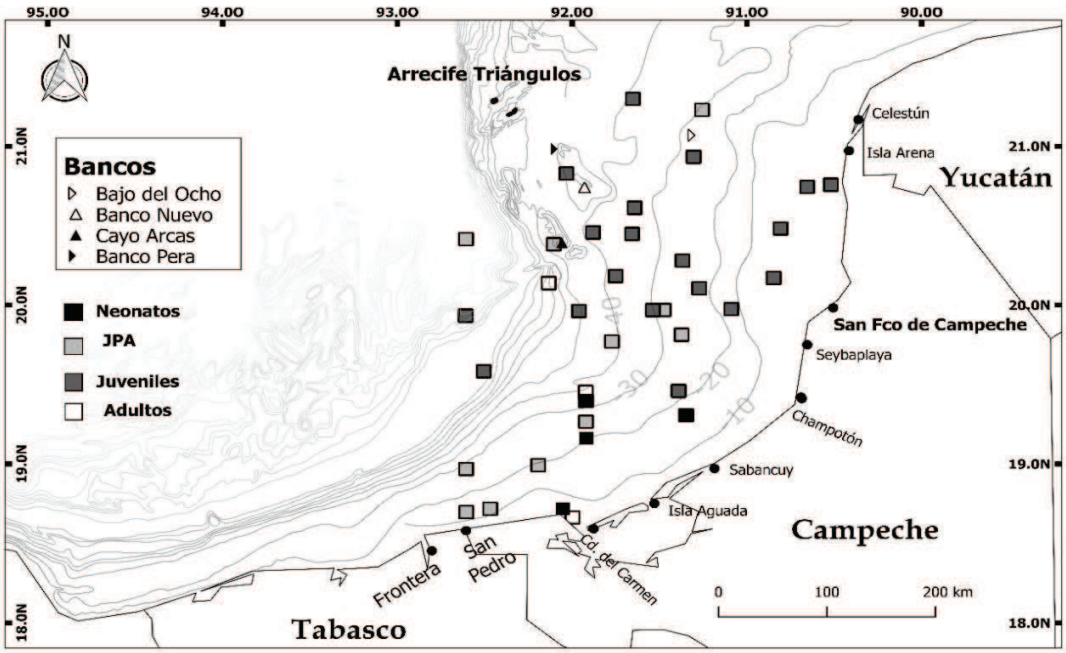

Figura 7. Representación de la distribución de los estadios con base a las zonas registradas en la base de datos pesquera del periodo 2007-2017.

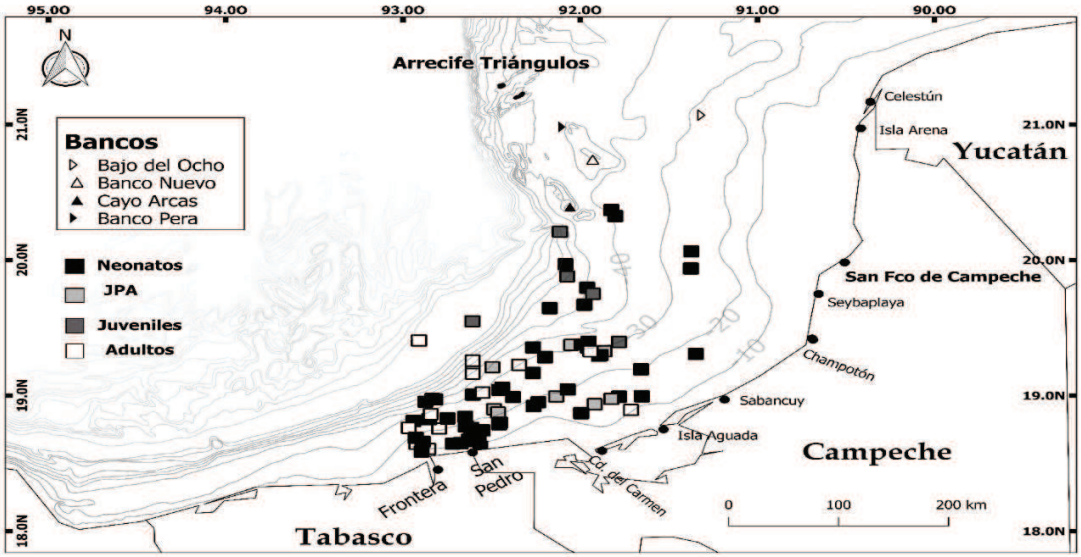

Figura 8. Representación de la distribución de los estadios con base a las entrevistas semi-estructuradas (Anexo 1) realizadas a capitanes de lanchas en San Pedro, Tabasco.

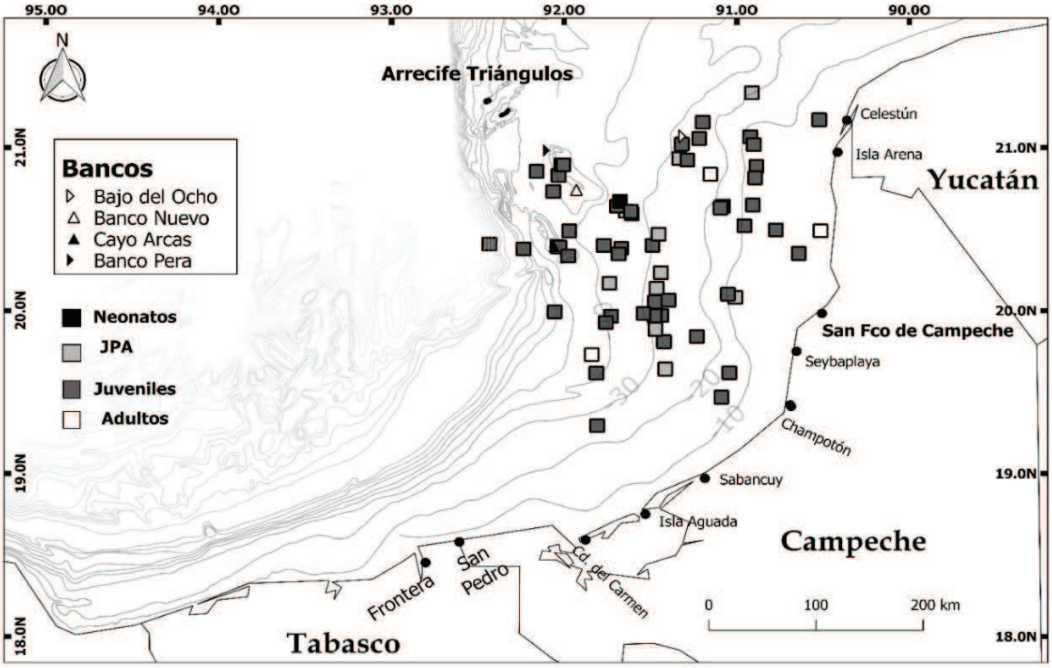

Figura 9. Representación de la distribución de los estadios con base a las entrevistas semi-estructuradas (Anexo 1) realizadas a capitanes de lanchas en San Francisco de Campeche.

Análisis de contenido estomacal

Se analizaron 35 estómagos, 13 pertenecientes a San Francisco de Campeche, de individuos con intervalo de talla de 47-136 cm y 22 de San Pedro, con tallas de 44-136 cm. Los estómagos correspondieron a 15 hembras y 20 machos. Con base a la clasificación de estadios, estos organismos son catalogados como inmaduros (que conforman los estadios neonatos, JPA y juveniles mayores de un año). El 39 % de los estómagos (n= 11) se registró con un nivel de llenado entre el 50% y el 18 % (n= 5) presentó el nivel más alto (aparentemente lleno). Para el análisis de contenido estomacal, se descartaron las piezas que eran carnada, usadas en palangre en San Pedro, Tabasco. La carnada se distingue por sus formas regulares, debido a que los peces son cortados con un cuchillo para colocarlos en los anzuelos del palangre. Los peces que comúnmente se utilizan para carnada son la cintilla (*Trichiurus lepturus*) y especies de sardinas como *Opisthonema oglinum, Sardinella janeiro* y *Harengula jaguana*.

Del análisis de contenido estomacal se obtuvieron 254 presas de las cuales el 65 % (n= 164) correspondían a restos de peces, como cristalinos, otolitos muy digeridos y estructuras de peces sin identificar. Las presas se agruparon en cuatro grupos generales, siendo el grupo dominante el de teleósteos con un %IIR de 99.3% y 98.2 %, con cristalinos y sin cristalinos, respectivamente. De acuerdo al %IIR, los peces *Cynoscion nothus* (7.6 % con cristalinos y 31.1 % sin cristalinos) seguido de *Stellifer lanceolatus* (4.5 % con cristalinos 19.4 % sin cristalinos) fueron las presas con mayor importancia en la dieta (Tabla 7).

Tabla 7. Índice numérico, gravimétrico, frecuencia de ocurrencia y de importancia relativa para las presas del contenido estomacal de *S. lewini* (n= 35), realizando la comparación con el conteo de cristalinos y sin ellos. SI: Sin identificar

	Todas las estructuras				**Sin cristalinos**			
	%N	**%G**	**%FO**	**%IIR**	**%N**	**%G**	**%FO**	**%IIR**
Cefalópodos	3.9	0.0	21.4	0.4	10.0	0.0	21.4	1.1
Loliginidae	3.9	0.0	21.4	1.0	10.0	0.0	21.4	7.1
Crustáceos	2.8	0.1	17.9	0.3	7.0	0.1	17.9	0.7
Clase Malacostraca								
Orden Amphipoda	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Orden Isopoda	1.2	0.1	10.7	0.2	3.0	0.1	10.7	1.1
Orden Stomatopoda	0.8	0.0	7.1	0.1	2.0	0.0	7.1	0.5
Orden Decapoda	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Gasterópodos	0.4	0.0	3.6	1.4	1.0	0.0	3.6	0.0
Strombus pugilis	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Teleósteos	92.9	99.9	100	**99.3**	82.6	99.9	100.0	**98.2**
Batrachoidae								
Porichthys plectrodon	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Clupeidae								
Opisthonema oglinum	1.2	14.0	7.1	1.3	3.0	14.3	7.1	4.1
Engraulidae								
Cetengraulis edentulus	2.0	5.9	10.7	1.0	5.0	6.0	10.7	3.9
Gerreidae								
Eucinostomus argenteus	0.8	0.0	3.6	0.0	2.0	0.0	3.6	0.2
Haemulidae								
Haemulon aurolineatum	0.8	6.6	7.1	0.6	2.0	6.7	7.1	2.1
Pomadasys sp	2.0	0.0	14.3	0.3	5.0	0.0	14.3	2.4
Haemulidae sp	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Lutjanidae								
Lutjanus campechanus	3.1	0.2	14.3	0.6	8.0	0.2	14.3	3.9
Malacanthidae								
Micropogonias	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Moridae								
Moridae sp	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Orden pleuronectiformes								
Bothidae	1.2	7.5	7.1	0.7	3.0	7.6	7.1	2.5

Paralichthydae								
Etropus crossotus	0.4	0.7	3.6	0.0	1.0	0.7	3.6	0.2
Syacium papillosum	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Pleuronectiformes SI	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Sciaenidae								
Cynoscion nothus	5.5	12.1	35.7	**7.6**	13.9	12.4	35.7	**31.1**
Stellifer lanceolatus	6.3	11.2	21.4	**4.5**	15.9	11.5	21.4	**19.4**
Serranidae								
Diplectrum formosum	1.2	0.0	10.7	0.2	3.0	0.0	10.7	1.1
Serranidae sp	0.4	18.1	3.6	0.8	1.0	18.5	3.6	2.3
Sparidae								
Lagodon rhomboides	0.4	0.7	3.6	0.0	1.0	0.7	3.6	0.2
Trichiuridae								
Trichiurus lepturus	0.4	0.0	3.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.1
Synodontidae								
Synodus foetens	0.4	9.9	3.6	0.4	1.0	10.1	3.6	1.3
Restos de peces								
SI	64.6	13.0	85.7	**80.3**	10.9	11.0	21.4	15.6

El resultado del análisis sin contar los cristalinos para las dos localidades indicó que para San Pedro, Tabasco las especies con mayor contribución fueron *Cynoscion nothus* y *Stellifer lanceolatus* con un %IIR de 37.7% y 31.7 %, respectivamente, y para San Francisco de Campeche las mayores contribuciones fueron de *Lutjanus campechanus* y *Ophisthonema oglinum* con 22% y 16.6 %, respectivamente (Tabla 8). En las dos localidades la dieta está compuesta principalmente de peces óseos, sin embargo, las especies principales no fueron las mismas, esto es apoyado con el porcentaje de similaridad entre las dos localidades (S´= 96 %), lo cual apoya la idea de disimilaridad del consumo de presas entre las dos localidades.

Tabla 8. Índice numérico, gravimétrico, frecuencia de ocurrencia y de importancia relativa para las presas del contenido estomacal de *S. lewini*, realizando la comparación de San Francisco de Campeche (n=13) y San Pedro (n=22) sin considerar los cristalinos. SI: Sin identificar

	San Francisco de Campeche				**San Pedro**			
	%N	**%W**	**%FO**	**%IIR**	**%N**	**%W**	**%FO**	**%IIR**
Cefalópodos					16.7	0.1	31.6	3.2
Loliginidae					16.7	0.1	31.6	9.2
Crustáceos	9.8	0.0	22.2	1.1	5.0	0.2	15.8	0.5
Clase Malacostraca								
Orden Amphipoda					1.7	0.0	5.3	0.2
Orden Isopoda	2.4	0.0	11.1	0.7	3.3	0.2	10.5	0.6

Orden Stomatopoda	4.9	0.0	22.2	2.7				
Orden Decapoda	2.4	0.0	11.1	0.7				
Gasterópodos	2.4	0.0	11.1	0.1				
Strombus pugilis	2.4	0.0	11.1	0.7				
Teleósteos	87.8	100.0	100.0	**98.7**	78.3	99.8	89.5	**96.3**
Batrachoidae								
Porichthys plectrodon					1.7	0.0	5.3	0.2
Clupeidae								
Opisthonema oglinum	7.3	22.7	22.2	**16.6**				
Engraulidae								
Cetengraulis edentulus					8.3	16.2	15.8	6.7
Gerreidae								
Eucinostomus argenteus	4.9	0.0	11.1	1.4				
Haemulidae								
Haemulon aurolineatum	4.9	10.7	22.2	8.6				
Pomadasys sp					8.3	0.1	21.1	3.1
Haemulidae sp	2.4	0.0	11.1	0.7				
Lutjanidae								
Lutjanus campechanus	19.5	0.4	44.4	**22.0**				
Malacanthidae								
Micropogonias	2.4	0.0	11.1	0.7				
Moridae								
Moridae SI	2.4	0.0	11.1	0.7				
Orden pleuronectiformes								
Bothidae	7.3	12.1	22.2	10.8				
Paralichthydae								
Etropus crossotus					1.7	1.9	5.3	0.3
Syacium papillosum	2.4	0.0	11.1	0.7				
Pleuronectiformes SI	2.4	0.0	11.1	0.7				
Sciaenidae								
Cynoscion nothus	7.3	0.2	22.2	4.2	18.3	33.2	42.1	**37.7**
Stellifer lanceolatus					26.7	31.0	31.6	**31.7**
Serranidae								
Diplectrum formosum	4.9	0.0	22.2	2.7	1.7	0.0	5.3	0.2
Serranidae sp	2.4	29.4	11.1	8.8				
Sparidae								
Lagodon rhomboides	2.4	1.1	11.1	1.0				
Trichiuridae								
Trichiurus lepturus					1.7	0.0	5.3	0.2
Synodontidae								
Synodus foetens	2.4	16.1	11.1	5.1				
Restos de peces								
SI	12.2	7.3	22.2	10.8	10.0	17.4	21.1	10.0

Identificación de áreas de crianza para *Sphyrna lewini*

Se realizó la comparación de los registros de neonatos y JPA con los criterios propuestos en cada uno de los modelos teóricos de áreas de crianza (Tabla 9). El modelo descrito por Springer (1967) no define qué estadios específicos se registran en las áreas de crianza, solo hace mención a organismos juveniles y que están distribuidos en aguas poco profundas. En el presente trabajo, las zonas de pesca correspondientes a las tres regiones si cumplen con estas características. Respecto a lo descrito por Bass (1978), con el registro de neonatos y juveniles del primer año se establece que las zonas de pesca de la región 2 y 3 cumplen con la descripción de un área de crianza primaria, a diferencia de la zona correspondiente a la región 1 en la cual tenemos mayor frecuencia de juveniles mayores de un año, por lo que correspondería a un área de crianza secundaria.

Tabla 9. Comparación de los registros de estadios tempranos en la zona de estudio con respecto a los modelos teóricos utilizados para la identificación de áreas de crianza. ∗ Clasificación en consideración debido al conocimiento ecológico local.

	Clasificación propuesta	Estadios comunes en el área de crianza	Región 1	Región 2	Región 3
Springer (1967)		Juveniles	✓	✓	✓
Bass (1978)	a) Primarias	a) Neonatos y juveniles	✗	✓	✓
	b) Secundarias	b) Juveniles cercanos a la madurez	✓	✗	✗
Branstetter (1990)	a) Protegidas	a) Neonatos y juveniles	✗	✓	✓
	b) Desprotegidas	b) Hábitats ocupados por adultos	✓	✗	∗
Castro (1993)		Neonatos, JPA y HG	✗	✗	✓
Heupel et al. (2007)	1) > Frecuencia		✗	✗	✓
	2) Fidelidad	Neonatos y JPA	✗	✗	✓
	3) Uso a través de múltiples años		✗	✗	✓

Knip et al. (2010)	Combinación de estadios de diferentes especies	Combinación de estadios según la especie	✓	✓	✓

Con base a Branstetter (1990), la zona de pesca de la región 1 corresponde a un área de crianza desprotegida debido al mayor registro de organismos adultos (61 %) y las zonas de pesca de la región 2 y 3 cumplen con la descripción de un área de crianza protegida por la mayor frecuencia de neonatos y juveniles registrados (Tabla 10). Cabe resaltar que en la zona de pesca de la región 3 (en la frontera entre Tabasco y Campeche), los pescadores mencionaron la presencia de hembras grávidas, aunque no se obtuvieron registros de desembarcos de esos organismos, la zona podría cumplir también con las características de un área de crianza desprotegida (Branstetter 1990).

Tabla 10. Frecuencia de estadios por regiones con base a los criterios de Branstetter (1990). En juveniles están integrados los juveniles del primer año y juveniles mayores de un año.

Región	N	%	Juveniles	%	A	%
1	10	4	472	31	57	**61**
2	95	34	145	10	16	17
3	174	**62**	896	**59**	20	22
Total	279		1513		93	

Con base a la descripción de Castro (1993), en la que menciona que neonatos, JPA y hembras grávidas deben estar presentes en la zona para considerar un área de crianza, solo la zona de pesca de la región 3 cumple con este criterio, registrando la presencia de hembras grávidas solo por conocimiento ecológico local.

Basado en los supuestos de Heupel et al. (2007), con base a los registros de neonatos y JPA:

1. Los organismos son encontrados en mayor frecuencia en el área a comparación de las demás. La zona de pesca de la región 3 cumple con estas características (Tabla 11).
2. Los organismos tienden a permanecer o regresar por períodos prolongados (semanas o meses), es decir, la fidelidad al sitio es mayor que la fidelidad para

todas las áreas. La zona de pesca de la región 3 representa una mayor frecuencia a través de los meses, cumpliendo el criterio de fidelidad (Fig. 10).

3. El área se utiliza a través de los años, mientras que otras áreas no. La zona de pesca de la región 3 representa un mayor registro de neonatos y JPA con relación a los registros a través de los años, en comparación de las demás (Fig. 11).

Con respecto a Knip et al. (2010), en la zona de pesca de la región 1 se registran principalmente sub-adultos y adultos de *R. terraenovae* y *S. tiburo*, además de menores registros de adultos de *S. mokarran*. En las zonas de pesca de la región 2 y 3 se observa la presencia de otras especies en diferentes estadios (neonatos, juveniles y adultos), como *R. terraenovae, S. tiburo, C. falciformis*, *C. leucas* y *C. plumbeus* (Pérez-Jiménez y Méndez-Loeza 2015). Por lo cual, los datos registrados en el presente trabajo y las observaciones de diferentes estadios para diferentes especies hace que las tres regiones se adapten al modelo descrito por Knip et al. (2010).

Tabla 11. Frecuencias de neonatos y JPA por región para evaluar los registros mediante los supuestos de Heupel et al. (2007):

Estadios	Región 1	%	Región 2	%	Región 3	%	total	% total
Neonatos	10	1	95	5	**174**	**9**	279	15
JPA	112	6	80	4	**638**	**34**	830	44

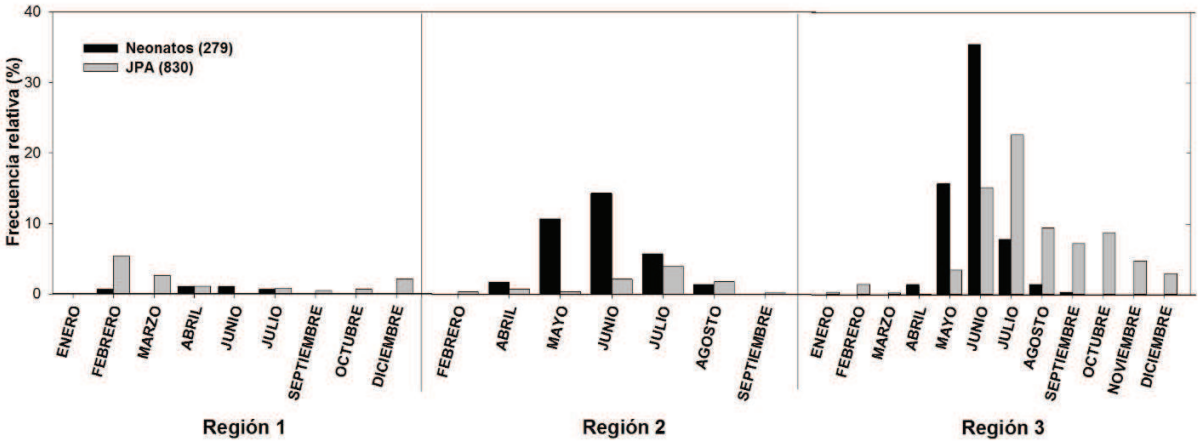

Figura 10. Frecuencias de neonatos y juveniles del primer año (JPA) por región y mes para evaluar los registros mediante el criterio de fidelidad de Heupel et al. (2007).

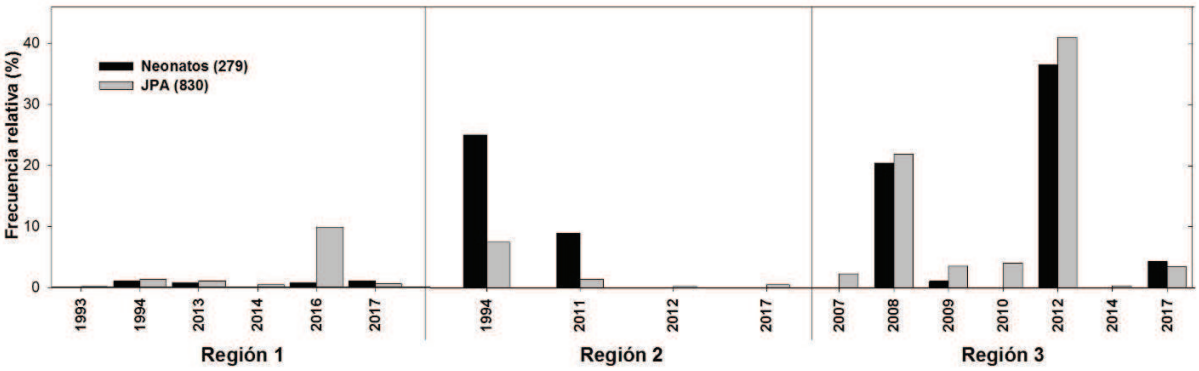

Figura 11. Frecuencias de neonatos y juveniles del primer año (JPA) por región para evaluar los registros mediante el criterio de uso continuo del área a través de los años con base a Heupel et al. (2007).

Estructura de tallas por equipos de pesca

Los individuos registrados en las capturas con palangre fueron el 62 % (principalmente en la localidad de San Pedro, Tabasco), y el resto de las capturas fueron con redes (principalmente en la localidad de San Francisco de Campeche). A pesar de que hubo un registro mayor de organismos capturados con palangre, es importante notar que los organismos de los cuatro estadios fueron capturados con ambos equipos de pesca. En relación a las tallas de captura, el intervalo de talla más frecuente en la pesca de palangre corresponde al 51-70 cm con un 29 % y los individuos con tallas de 91-110 cm son más frecuentes en redes (21 %). La captura de estadios por equipo de pesca fue de la siguiente manera: los JPA representaron la mayor captura con palangre con un 39 % y los juveniles mayores de un año representaron un 20 % en la captura con redes (Fig. 12).

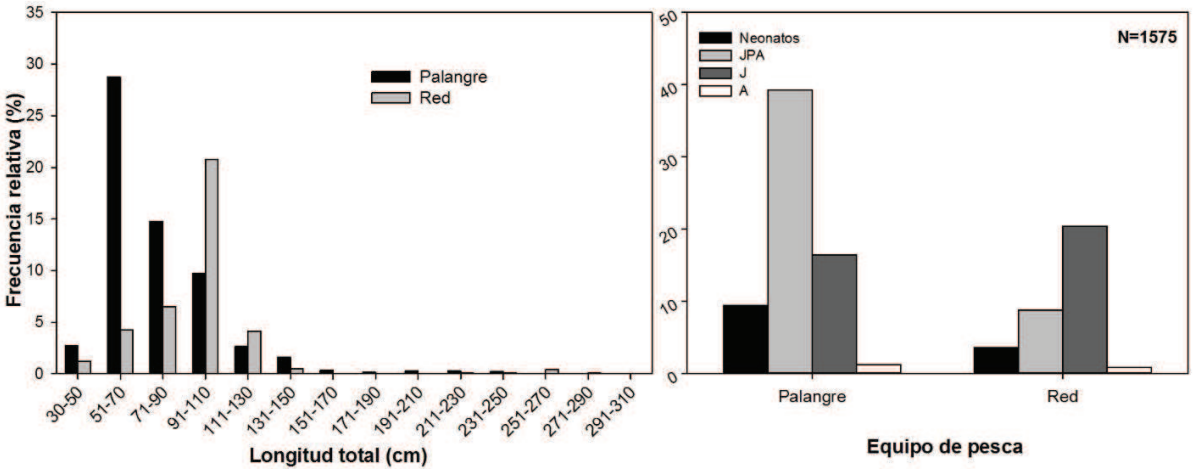

Figura 12. Frecuencia de captura de *S. lewini* por equipo de pesca (palangre y red) con respecto a la talla de los organismos y estadio.

Discusión

En el sur del Golfo de México, en específico la costa entre la frontera de Tabasco y Campeche (región 3 y en menor medida la región 2) cumple con los criterios de un área de crianza, debido a que a partir de los datos de la pesquería, dirigida e incidental de pequeña escala, se registró una alta frecuencia de estadios tempranos (neonatos, JPA y juveniles mayores de un año). Durante principios de verano (mayo-junio) se registró una mayor frecuencia de neonatos y se observó que durante esta temporada se registraron algunos organismos adultos y posteriormente en junio y julio se observa un incremento en los registros de JPA. En el presente trabajo los hábitats costeros poco profundos y turbios representan las características ambientales del área de crianza establecida para *S. lewini*.

Los registros dependientes de la pesca de pequeña escala a través del tiempo (1993-1994, 2007-2017) demuestran que se están capturando neonatos, juveniles del primer año, juveniles mayores de un año y adultos de *S. lewini*; y en particular los estadios tempranos con una frecuencia alta (59 %), por lo que esta fuente de datos es útil para identificar áreas de crianza de la especie en esta zona. Dentro del área de estudio, la zona de pesca correspondiente a la región 3, ubicada en la costa de Tabasco, registró la

mayor frecuencia de neonatos y JPA, por lo tanto es la región que cumple con los criterios de los modelos teóricos para ser considerada como área de crianza.

El patrón estacional del mayor registro de neonatos seguido de la mayor frecuencia de adultos, puede ser explicado por el ciclo reproductivo descrito para *S. lewini*, con un periodo de alumbramiento de dos a tres semanas entre mayo y junio (Branstetter 1981). Harry et al. (2011) han determinado que el nacimiento no varía entre regiones de estudio y que puede ser parcialmente estacional, con neonatos presentes durante todo el año pero con picos de abundancia durante los meses de primavera y verano. Esto se ha registrado ya en varios estudios para *S. lewini* (Branstetter 1987; Duncan y Hollan 2006; Adams y Paperno 2007; Bejarano-Álvarez et al. 2011; Harry et al. 2011; Noriega et al. 2011).

La zona costera frente a Tabasco (región 3) se caracteriza por las descargas de ríos, y ser por ende, una zona activa de deposición de sedimentos terrígenos (principalmente limo y arcilla) (Yáñez-Correa 1971; Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega 2010; Carranza-Edwards et al. 2015). Asimismo, la zona costera de Ciudad del Carmen (región 2) se localiza adyacente a esta actividad terrígena. Estas zonas tienen alta resuspensión de sedimentos, ocasionando la turbidez de sus aguas. Estas características del hábitat son atributos importantes para la distribución de neonatos y juveniles del primer año de *S. lewini*, ya que se ha descrito que los estadios tempranos de esta especie son más abundantes en condiciones de turbidez (Clarke 1971; Zanella et al. 2009; Kinney 2011; Yates et al. 2015), sedimentación y flujo de nutrientes (Duncan y Holland 2006). Otro atributo del uso de hábitats costeros turbios es que se considera como una estrategia anti-depredador empleado por tiburones juveniles (Clarke 1971; Heithaus 2004; Speed et al. 2010; Chin et al. 2016) y también pueden proporcionar abundancia de presas para tiburones de estadios tempranos o facilitar estrategias de caza furtiva (Heithaus 2004).

En cambio, en la región 1 (zona norte de Campeche) se registró una mayor frecuencia de juveniles mayores de un año (2-8 años), considerándola como un área de crianza secundaria de acuerdo con Bass (1978). La región 1 posee características ambientales diferentes a la región 3. En la zona norte de Campeche los ríos superficiales son muy escasos, debido a la permeabilidad de la roca caliza que permite la filtración de

las aguas provenientes de las lluvias, y que dan origen a los cenotes y corrientes subterráneas (Lara-Domínguez et al. 1990). Además, los sedimentos son biogénicos carbonatados (Ayala-Castañares y Gutiérrez-Estrada 1990), que son fuente para la formación de arrecifes y de una menor suspensión de materia orgánica; dando como resultado una mayor transparencia. Es probable que los neonatos y juveniles del primer año de *S. lewini* no estén ocupando este hábitat debido a que sus requerimientos de alimento y protección no pueden ser cubiertos por las características ambientales, que son diferentes a las encontradas en la región 3, donde se obtuvieron los mayores registros de estos estadios tempranos.

Yañez-Arancibia y Sánchez-Gil (1982) caracterizaron a la sonda de Campeche en dos subsistemas ecológicos:

- Zona adyacente a la Laguna de Términos (que influye en el extremo sur de la región 2 y en toda la región 3): que es heterogénea, fuertemente influenciada por el aporte de estuarios y ríos adyacentes, con aguas turbias, transparencia de 7 a 42 %, intervalo de salinidad 32.3 a 37.0, temperatura superficial de 22.8 a 27.7 °C y en el fondo de 23.3 a 28.0 °C, alto contenido orgánico (10 %) y ausencia de macrovegetación béntica.

- Zona norte y centro-sur de la Sonda de Campeche (correspondiente a la región 1 y el extremo norte de la región 2 del presente estudio): área típicamente marina, homogénea, con aguas claras, transparencia de 50 a 99 %, salinidad de 35.7 a 37.2, temperatura superficial de 26.1 a 28.8 °C y en el fondo de 24.2 a 28.1 °C, bajo contenido orgánico (< 10%), presencia de pastos marinos y macroalgas bénticas.

La caracterización de los subsistemas ecológicos apoya el planteamiento de que los neonatos y juveniles del primer año tienden a distribuirse principalmente en hábitats costeros poco profundos y turbios, localizados frente a la región 2 y 3 (zona de influencia de la Laguna de Términos), este hábitat brinda protección a los neonatos y JPA de tiburones adultos, ya que la turbidez puede reducir la depredación debido a la poca

visibilidad, además del acceso limitado de tiburones más grandes en hábitats poco profundos (Heupel y Simpfendorfer 2005; Speed et al. 2010), este hábitat podría estar proporcionando a las etapas tempranas mayor disponibilidad de alimento y contribuyendo a sus requerimientos dietéticos, ya que los neonatos y JPA se distribuyen en hábitats poco profundos para alimentarse de presas de menor tamaño (Speed et al. 2010), y la agregación en un área de crianza también puede mejorar el éxito de búsqueda de alimento a través del aprendizaje social (Guttridge et al. 2009; Guttridge et al. 2013). En comparación a la distribución de los juveniles mayores de un año en el norte de Campeche (región 1), en hábitats costeros poco profundos pero con mayor transparencia, esta distribución puede deberse a que en esta etapa ya no requieren la protección de hábitats turbios por haber alcanzado tallas más grandes, además de que la región 3 puede no satisfacer sus requerimientos de alimento; observándose así, la diferencia en distribución ontogénica descrita previamente para *S. lewini* (Springer 1967; Clarke 1971; Klimley 1985; Klimley 1987; Noriega et al. 2011; Hoyos-Padilla et al. 2014). La disminución de la depredación y disponibilidad de presas pueden contribuir al crecimiento y supervivencia de los neonatos y juveniles del primer año en hábitats poco profundos y turbios, que en comparación de hábitats con aguas claras donde la supervivencia de etapas tempranas puede reducirse y tener limitaciones de recursos por competencia (Lowe 2002; Chin et al. 2016).

Adicionalmente, se encontró que los tiburones capturados por la flota pesquera de San Francisco de Campeche (región 1) y San Pedro, Tabasco (región 3) se están alimentando de diferentes especies de peces; lo que podría atribuirse al diferente uso de hábitat de los estadios de *S. lewini* y por ende a la diferencia de distribución de las presas potenciales. Los tiburones capturados por la flota pesquera de San Pedro, Tabasco, se están alimentando de *Cynoscion nothus* y *Stellifer lanceolatus* y los de San Francisco de Campeche de *Ophisthonema oglinum* y *Lutjanus campechanus*. De cualquier manera, en estudios futuros se recomienda incrementar el número de muestra para confirmar estas diferencias.

Ayala-Pérez et al. (2012) y Sánchez-Gil et al. (1980) registran en la zona sur del Banco de Campeche (región 3, adyacente a San Pedro, Tabasco y Laguna de Términos)

una alta abundancia, distribución y dominancia de *C. nothus*, y cerca de la desembocadura del Río San Pedro-San Pablo registran con mayor abundancia a *S. lanceolatus* (Ayala-Pérez et al. 2012), que fueron las especies más frecuentes en la dieta de los organismos distribuidos en la zona costa de la región 3. En esta misma zona no reportan a *L. campechanus* y *O. oglinum*, que fueron las especies más frecuentas en la dieta de *S. lewini* en la zona costa de la región 1.

Sánchez-Gil et al. (1980) registran a especies abundantes (por ejemplo *O. oglinum*) cuya distribución amplia no parece estar relacionada con algún parámetro abiótico; ya que fueron colectadas tanto en fondos arenosos como fangosos y en diferentes profundidades. Flores-Coto et al. (2014) registran a *L. campechanus* solo en la zona norte del Banco de Campeche (parte de la región 1). Ambas especies parecen estar más relacionados con la baja turbidez y alta salinidad, y presentan hábitos pelágico-costeros, a diferencia de las presas registradas en los tiburones capturados en la zona costera de la región 3.

Las características intrínsecas de los hábitats juegan un papel importante para *S. lewini* en la selección de sus áreas de crianza. Así, podemos establecer con base al presente estudio y estudios anteriores donde registran la mayor frecuencia de estadios tempranos de *S. lewini* (Dodrill 1977; Castro 1987; Castro 1993; Duncan y Holland 2006; Adams y Paperno 2007; Parsons y Hoffmayer 2007; Harry et al. 2011; Yates et al. 2015; Brown et al. 2016; Marie et al. 2017), que esta especie prefiere hábitats poco profundos y turbios (Anexo 5). Debido a que el factor común en casi todos los estudios de áreas de crianza que relacionan factores abióticos, el de mayor importancia es la turbidez del sitio, provocado por la cercanía de desembocadura de ríos y la alta resuspensión de sedimentos, seguido de la profundidad y temperatura. Nuestras mayores frecuencias fueron en la región 3 con presencia de sedimentos terrígenos y alta suspensión de sedimentos, tornando el ambiente turbio y a profundidades no mayores a los 30 m, con mayores picos a profundidades de 10 m. Cabe resaltar que para México existen sitios que han sido denominados como áreas de crianza (Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza 2001; Alejo-Plata et al. 2007; Salomón-Aguilar et al. 2009; Bejarano-Álvarez et al. 2011) pero estos trabajos tienen nula descripción de las características del hábitat

donde fueron capturados los individuos de *S. lewini*, o en su caso no tienen sitios puntuales de captura sino lugares de desembarco de la especie, lo importan aquí que los estudios también se encuentran en áreas aledañas a desembocaduras de ríos y lagunas costeras.

Además, la plataforma continental somera puede limitar la presencia de tiburones de tallas más grandes y que su presencia sea estacional. Con base al conocimiento ecológico local se registraron hembras grávidas de *S. lewini* y puede que solo ingresan o se acercan a la región costera de San Pedro, Tabasco (región 1) durante el alumbramiento. En la población hipotética de Springer (1967) las hembras viajan para llegar a estos sitios solo cuando están grávidas y/o están al final de la etapa de gestación y no se alimentan en las áreas de crianza, se mantienen en un lapso breve y reanudan la alimentación usualmente en aguas más profundas (Springer 1967; Weng et al. 2008). Las características ambientales coinciden con las demás áreas de crianza ubicadas para la especie tanto en el norte del Golfo de México, Atlántico y otras partes del mundo (Clarke 1971; Castro 1993; Duncan y Holland 2006; Adams y Paperno 2007; Parsons y Hoffmayer 2007; Zanella et al. 2009; Kinney 2011; Yates et al. 2015; Brown et al. 2016). Esto podría ayudar a ubicar zonas con estas características y junto con el análisis de la estructura poblacional de la especie, determinar la presencia de áreas de crianza.

Las lagunas costeras son hábitats sugeridos que cumplen con la función de áreas de crianza. En el área de estudio se localiza la Laguna de Términos y *S. lewini* no la está ocupando; lo que genera la pregunta ¿por qué la especie no utiliza la laguna como área de crianza?. Se han realizado evaluaciones de la laguna por medio de muestreos independientes de la pesca, y no existen registros de la especie.(Ayala-Pérez et al. 2003; Amador del-Ángel et al. 2007; Amador-del Ángel et al. 2012; Ayala-Pérez et al. 2012; Ayala-Pérez et al. 2015; Ramos Miranda y Villalobos Zapata 2015)

Una de las posibles explicaciones es la variación de los parámetros abióticos dentro de la Laguna de Términos, debido a la influencia de ríos que desembocan en la Laguna, a la entrada de agua marina del Golfo de México por las dos bocas estuarinas presentes (Ramos-Miranda y Villalobos-Zapata 2015) y la influencia de las épocas de nortes, lluvias y secas (Yáñez-Arancibia y Day 1982, Ramos-Miranda y Villalobos-Zapata

2015). Dichas condiciones abióticas pueden no ser propicias para los neonatos y JPA de *S. lewini*, ya que se ha reportado que esta especie tiene afinidad por ciertos parámetros óptimos, registrándose con mayor frecuencia en temperaturas que oscilan entre 26°C a 30°C y salinidades de 28 a 36 (Castro 1993; Adams y Paperno 2007; Yates 2014), mientras que en la laguna por cambios estacionales puede tener salinidades de 12 en lluvias y de 30 en secas y temperaturas de 20 °C en nortes y 30 °C en lluvias, y con una mayor transparencia del agua, principalmente en mayo y junio (Yáñez-Arancibia y Day 1982; Ramos Miranda y Villalobos Zapata 2015). La combinación entre las características del hábitat y las preferencias fisiológicas de la especie, hacen que *S. lewini* no se distribuya en la Laguna de Términos, por lo que se infiere que las hembras grávidas eligen zonas de alumbramiento que no presentan variaciones tan fluctuantes. Esto se sustenta con lo reportado por Adams y Paperno (2007), que la especie efectivamente no ocupa las lagunas costeras porque las condiciones no son funcionales y óptimas como áreas de crianza para la especie. Según Knip et al. (2010), las características ambientales y de los individuos, harán que se adapten a su medio para poder vivir. Es importante analizar las características de los hábitats disponibles y describir por qué no están siendo utilizados (como el caso de la Laguna de Términos), para establecer los requerimientos de hábitats específicos de los estadios tempranos de *S. lewini*.

En el presente estudio, el uso de diferentes hábitats por estadios es notorio, resaltando la distribución ontogénica en la especie. A partir de ello, se genera la hipótesis de que los neonatos y JPA que se distribuyen en la zona costera de San Pedro y Frontera, Tabasco, y zonas adyacentes a la Laguna de Términos, Campeche (región 2 y 3, respectivamente) podrían estar migrando a la zona norte de Campeche (región 1) para hacer uso de las características específicas de ese hábitat (Fig. 13). Se ha propuesto que existe una relación entre el tamaño del cuerpo y el espacio que ocupan los organismos (Morrissey y Gruber 1993), lo que sugiere que los organismos más grandes necesitan más espacio para obtener recursos suficientes para satisfacer sus necesidades energéticas y de comportamiento; asociado a la estrategia de reducción de depredación por el aumento del tamaño del cuerpo (McNab 1963; Heupel et al. 2004; Field et al. 2005; Speed et al. 2010).

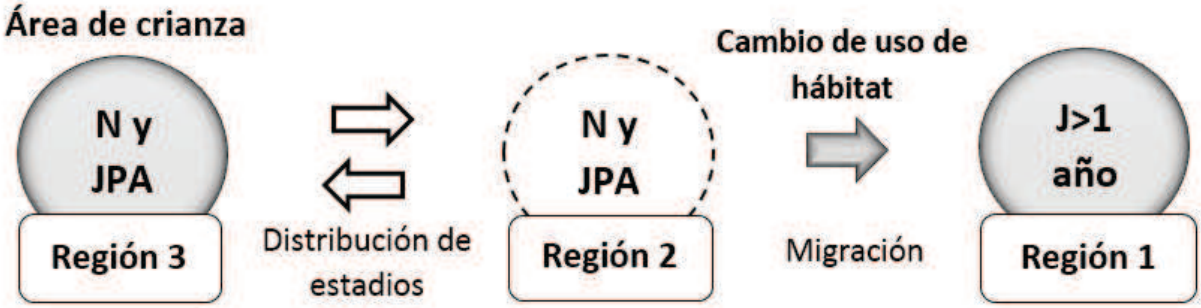

Figura 13. Hipótesis de migración de *Sphyrna lewini* en el sur del Golfo de México. N: Neonatos, JPA: Juveniles del primer año, J>1 año: Juveniles mayores de un año. Las líneas punteadas indican los menores registros de estadios tempranos por el esfuerzo de muestreo en la región 2.

En estudios de dinámica poblacional, generalmente se considera que los neonatos y juveniles de edades tempranas (presentes generalmente en todos los modelos teóricos de áreas de crianza) son los estadios más críticos en términos de estabilidad y recuperación de una población; aunque también se ha establecido que los estadios que se distribuyen fuera de un área de crianza (juveniles mayores de un año o sub-adultos) podrían ser más importantes. Si bien la protección de áreas de crianza debe ser un componente en las estrategias de manejo de tiburones, es fundamental vincular la conservación de estadios tempranos con estrategias de manejo que incluyan a los organismos de estadios mayores, para así lograr un manejo efectivo (Kinney y Simpfendorfer 2009). Además de que se deben aumentar esfuerzos para poder discernir qué sitios son más importantes o relevantes para su protección. Se debe tener en claro que las áreas de crianza no son sistemas independientes y que los efectos en las poblaciones adultas repercuten sobre ellas debido al fuerte vínculo entre el tamaño de la población reproductora y el reclutamiento (Kinney y Simpfendorfer 2009). Por ello, las estrategias de manejo deben incluir medidas para la protección tanto de las áreas de crianza como de las áreas donde se distribuyen los juveniles mayores de un año y complementar los estudios de áreas de crianza con el conocimiento de dinámica poblacional para determinar qué área es la que está aportando los reclutas a la población.

Las áreas de crianza no funcionan de manera aislada ya que la protección de tiburones debe reconocer tanto la diversidad de estrategias de historia de vida, como la importancia de diferentes hábitats para las distintas etapas de vida de cada especie (Kinney y Simpfendorfer 2009). No obstante, la protección de las áreas de crianza sigue siendo un componente importante en las estrategias de manejo de tiburones y son la base para exhortar a un mayor esfuerzo de investigación no solo en la especie analizada en el presente trabajo, si no para todas las demás que actualmente están siendo explotadas. Es importante investigar la conectividad entre hábitats de juveniles y adultos e integrar las características del hábitat. Aunque se han realizado aportaciones con base en ello, las metodologías planteadas no son efectivas para cualquier área y especie (Beck et al. 2001; Sheaves et al. 2006; Nagelkerken et al. 2015). Además, se requiere impulsar investigaciones que determinen los factores espacio-temporales del uso de área de crianza en la zona de estudio para *S. lewini.* Para reconocer y establecer que variable abiótica podría estar influyendo en la distribución de los estadios tempranos de la especie en el sur del Golfo de México.

Por otro lado, un efecto que puede disminuir aún más las poblaciones de *S. lewini* y demás especies, es la destrucción del hábitat; ya que podría influir en las características del área, convirtiéndolas en menos propicias y ocasionando la eliminación funcional de las áreas de crianza costeras. Con base a la teoría *portfolio* (por su nombre en inglés) con un enfoque ecológico (Figge 2004), establece que las contribuciones de una amplia gama de hábitats para estadios tempranos pueden mantener la capacidad de recuperación de la población. Por lo tanto, los hábitats de estadios tempranos (en este caso, áreas de crianza) pueden verse afectados por la perturbación antropogénica o el cambio ambiental. Por ello la importancia de mantener la diversidad y protección de hábitats, ya que se puede lograr una mayor estabilidad en la producción de una población cuando los efectos de perturbación localizada en un área se amortiguan con la producción en otras áreas, pero con la premisa de que los diferentes hábitats funcionan bien en los diferentes momentos (Figge 2004; Yates et al. 2012).

La identificación de un área de crianza no es la única solución para la protección de especies de tiburones, pero si es el inicio o base para complementar la distribución de

la especie, la descripción y caracterización de los hábitats donde se distribuye. Se deben fomentar los análisis demográficos para conocer qué etapas del ciclo de vida son las más vulnerables y así poder integrar esto con el conocimiento de sus áreas de crianza y aquellas áreas donde se distribuyen los demás estadios, en conjunto con investigaciones de uso de hábitat de otras especies. También, fortalecer la importancia de los datos dependientes de la pesca, ya que permiten realizar análisis con series históricas de captura, estructura de tallas etc. Por otro lado**,** es importante reconocer el conocimiento de los pescadores, ya que es una herramienta útil para examinar patrones consistentes en la abundancia temporal de peces en una escala espacial. Se ha reconocido que dicho conocimiento es un complemento a los conjuntos de datos existentes que pueden ayudar a mejorar el enfoque de estudios de uso de hábitat (Bergmann et al. 2004). Aunque el conocimiento de los pescadores es a veces minimizado, ha demostrado ser muy preciso y útil para el manejo pesquero, proporcionando información valiosa sobre la diversidad biológica de las especies de peces, las capturas, la ecología, hábitats preferidos, la estructura del stock, la variabilidad interanual en la abundancia de los stocks, las corrientes, agregaciones y ubicaciones de desove, las tendencias locales en abundancia y las extinciones locales (Mackinson 2001; Bergmann et al. 2004; Mathew 2011; Silvano y Begossi 2012; Serra-Pereira et al. 2014). Los pescadores son los actores más cercanos a los recursos pesqueros y albergan gran conocimiento sobre la ecología y biología de las especies de importancia pesquera. Así, el conocimiento de los pescadores puede influir de manera proactiva en el manejo de las especies.

Los datos provenientes de la pesca y el Conocimiento Ecológico Local fueron útiles para la identificación de áreas de crianza para el presente trabajo. En comparación a otros autores que han reportado que este tipo de fuentes de datos son útiles para identificar hábitats esenciales de peces, en evaluaciones de cambios de abundancia de especies de peces, el entendimiento del uso del hábitat y las interacciones tróficas de peces costeros, el análisis de periodos de reproducción y migración de peces, la identificación de áreas de desove, la determinación de patrones de distribución de los elasmobranquios demersales y la identificación de posibles hábitats esenciales, zonas de pesca y especies de captura incidental (Silvano et al. 2006; Johannes y Neis 2007; Rochet et al. 2008; Silvano y Begossi 2012; Marta y Gasalla 2013; Serra-Pereira et al.

2014), así como la identificación de áreas de crianza para el tiburón blanco con base a datos dependientes de la pesca (Oñate-González et al. 2017) y la identificación de hábitats para la *S. lewini* (Rasalato et al. 2010). Por lo tanto, este tipo de datos se recomiendan ampliamente para identificación y evaluaciones de áreas de crianza.

Conclusiones

- En el sur del Golfo de México se están capturando neonatos, juveniles del primer año, juveniles mayores del año y adultos de *Sphyrna lewini*. Sin embargo, los estadios tempranos (neonatos y juveniles del primer año) se capturan con mayor frecuencia.
- Con base a los datos dependientes de la pesca de pequeña escala y los modelos teóricos de crianza la zona costera de San Pedro, Tabasco y zonas adyacentes a la Laguna de Términos (región 2 y 3) es catalogada como área de crianza de *Sphyrna lewini* en el sur del Golfo de México.
- Es importante definir y resaltar que para *S. lewini* los hábitats costeros poco profundos y turbios son útiles como áreas de crianza; y que los sistemas lagunares (Laguna de Términos) no son funcionales para este fin.
- Con base a la descripción de área de crianza de Springer (1967) las zonas de pesca de las tres regiones corresponden a un área de crianza. Respecto a Bass (1978), la región 2 y 3 son un área de crianza primaria, y la región 1 corresponde a un área de crianza secundaria. Con base a Branstetter (1990), la región 1 corresponde a un área de crianza desprotegida y la región 2 y 3 son áreas de crianza desprotegidas. Con base a la descripción de Castro (1993), solo la región 3 cumple con los criterios de un área de crianza. Basado en los supuestos de Heupel et al. (2007), la región 3 cumple con los supuestos de un área de crianza. y respecto a Knip et al. (2010), las tres regiones se adapten al modelo del uso de hábitats costeros como áreas de crianza.
- El conocimiento ecológico local y los datos dependientes de la pesca fueron de utilidad para la ubicación de las zonas de pesca de la especie y distribución de los estadios.

Recomendaciones

- Se necesitan mayores estudios para determinar el movimiento y distribución de la especie en la zona; para corroborar la migración de *S. lewini* en el Banco de Campeche. Además de conocer la distribución de los organismos adultos en el área de estudio.
- Realizar mayor investigación para determinar que factor abiótico y biótico está determinando la distribución de los estadios y qué estadio de la población puede ser más vulnerable a su extracción en el sur del Golfo de México y afectar la estabilidad y recuperación de la población.
- Complementar los estudios de áreas de crianza con el conocimiento de dinámica poblacional para determinar qué área es la que está aportando los reclutas a la población para establecer un manejo efectivo.

Referencias

Adams DH, Paperno R. 2007. Preliminary assessment of a nearshore nursery ground for the scalloped hammerhead off the Atlantic coast of Florida. En: McCandless CT, Kohler NE, Pratt HL, editores. Shark nursery grounds of the Gulf of Mexico and the east coast waters of the United States. Vol. 50. American Fisheries Society. p. 165-174.

Alejo-Plata C, Gómez-Márquez JL, Ramos S, Herrera E. 2007. Presencia de neonatos y juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith and Smith, 1834) y del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* (Müller and Henle, 1839) en la costa de Oaxaca, Mexico. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 42:403-413.

Amador del-Ángel LE, Guevara E, Lastra NM. 2007. Los peces asociados al manglar en el suroeste de la Laguna de Términos, Campeche, México. UNACAR Tecnociencia 1:14-28.

Amador-del Ángel LE, Guevara E, Brito R, Wakida-Kusunoki AT, Cabrera-Rodríguez P. 2012. Aportaciones recientes al estudio de la ictiofauna del Área Natural de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, Campeche. En: Ruíz Marín A, Canedo López Y, Zavala Loría JC, Campos García SC, Sabido Pérez MY, Ayala Pérez LA, Amador-del Ángel L., editores. Aspectos hidrológicos y ambientales en La Laguna de Términos. Ciudad del Carmen, Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche. p. 128-154.

Ames T. 2003. Putting Fishermen´s knowledge to work: The promise and Pitfalls. En: Fisheries Centre Research Reports, 11. Vancouver. p. 184-188.

Anislado-Tolentino V, Robinson-Mendoza C. 2001. Edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Pacífico central de México. Ciencias Mar. 27:501-520.

Awruch CA, Jones SM, Asorey MG, Barnett A. 2014. Non-lethal assessment of the reproductive status of broadnose sevengill sharks (Notorynchus cepedianus) to determine the significance of habitat use in coastal areas. Conserv. Physiol. 2:14.

Ayala-Castañares A, Gutiérrez-Estrada M. 1990. Morfología y sedimentos superficiales de la plataforma continental frente a Tabasco y Campeche, México. An. del Inst. Ciencias del Mar y Limnol. 17:163-190.

Ayala-Pérez LA, Miranda JR, Hernández DF. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: Estructura actual comparada. Rev. Biol. Trop. 51:783-793.

Ayala-Pérez LA, Ramos Miranda J, Flores Hernández D, Sosa López A, Martínez Romero GE. 2015. Ictiofauna marina y costera de Campeche. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Ayala-Pérez LA, Teran Gonzalez GJ, Flores Hernandez D, Ramos Miranda J, Sosa Lopez A. 2012. Variabilidad espacial y temporal de la abundancia y diversidad de la comunidad de peces en la costa de Campeche, Mexico. Lat. Am. J. Aquat. Res. 40:63-78.

Baremore IE, Bethea DM. 2010. A guide to otoliths from fishes of the Gulf of Mexico. Florida, USA.

Bass AJ. 1978. Problems in studies of sharks in the southwest Indian Ocean. En: Hodgson ES, Mathewson RF, editores. Sensory Biology of Sharks, Skates and Rays. Arlington, VA: Office of Naval Research, Dept. of the Navy. p. 545-594.

Baum J, Clarke S, Domingo A, Ducrocq M, Lamónaca AF, Gaibor N, Graham R, Jorgensen S,

Kotas JE, Medina E, et al. 2007. *Sphyrna lewini*. The IUCN Red List of threatened species 2007. [accedido 2016 abr 10]. http://www.iucnredlist.org/details/39385/0

Baum JK, Myers RA. 2004. Shifting baselines and the decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. Ecol. Lett. 7:135-145.

Baum JK, Myers RA, Kehler DG, Worm B, Harley SJ, Doherty PA. 2003. Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. Science (80-.). 299:389-392.

Beck MW, Heck KLJ, Able KW, Childers DL, Eggleston DB, Gillanders, Bronwyn M. Halpern B, Hays CG, Hoshino K, Minello TJ, Orth RJ, et al. 2001. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. Bioscience 51:633-641.

Bejarano-Álvarez M, Galván-Magaña F, Ochoa-Baez RI. 2011. Reproductive biology of the scalloped hammerhead shark *Sphyrna lewini* (Chondrichthyes: Sphyrnidae) off south-west Mexico. aqua Int. J. Ichthyol. 17:11-22.

Bergantino R. 1971. Submarine regional geomorphology of the Gulf of Mexico. GSA Bull. 82:741-752.

Bergmann M, Hinz H, Blyth RE, Kaiser MJ. 2005. Combining scientific and fishers ' knowledge to identify possible roundfish Essential Fish Habitats. En: Barnes PW, Thomas JP, editores. Benthic Habitats and the Effects of Fishing. Vol. 41. American Fisheries Society. p. 265-276.

Bergmann M, Hinz H, Blyth RE, Kaiser MJ, Rogers SI, Armstrong M. 2004. Using knowledge from fishers and fisheries scientists to identify possible groundfish «Essential Fish Habitats». Fish. Res. 66:373-379.

Bessudo S, Soler GA, Klimley PA, Ketchum J, Arauz R. 2011. Vertical and horizontal movements of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) around Malpelo and Cocos Islands (Tropical Eastern Pacific) using satellite telemetry. Boletín Investig. Mar. Costeras 40:91-106.

Bessudo S, Soler GA, Klimley PA, Ketchum JT, Hearn A, Arauz R. 2011. Residency of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) at Malpelo Island and evidence of migration to other islands in the Eastern Tropical Pacific. Environ. Biol. Fishes 91:165-176.

Bizzarro JJ, Smith WD, Hueter RE, Villavicencio–Garayzar CJ. 2009. Activities and Catch Composition of Artisanal Elasmobranch Fishing Sites on the Eastern Coast of Baja California Sur, Mexico. Bull. South. Calif. Acad. Sci. 108:137-151.

Bonfil R. 1997. Review. Status of shark resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. Fish. Res. 29:101-117.

Branstetter S. 1981. Biological notes on the sharks or the north central Gulf of Mexico. Contrib. Mar. Sci. 24:13-34.

Branstetter S. 1987. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, Carcharhinus falciformis, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. Environ. Biol. Fishes 19:161-173.

Branstetter S. 1990. Early life-history implications of selected Carcharhinoid and Lamnoid sharks of the North- west Atlantic. Seattle, WA.

Brown KT, Seeto J, Lal MM, Miller CE. 2016. Discovery of an important aggregation area for endangered scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*, in the Rewa River estuary, Fiji

Islands. Pacific Conserv. Biol. 22:242-248.

Bush A. 2003. Diet and diel feeding periodicity of juvenile scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*,in Kane'ohe Bay, O'ahu, Hawai. Environ. Biol. Fishes 67:1-11.

Bush A, Holland K. 2002. Food limitation in a nursery area: Estimates of daily ration in juvenile scalloped hammerheads, *Sphyrna lewini* (Griffith and Smith, 1834) in Kane'ohe Bay, O'ahu, Hawaii. J. Exp. Mar. Bio. Ecol. 278:157-178.

Campana SE. 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. Cavers PB, editor. Ottawa, Ontario: NRC Research Press.

Carranza-Edwards A, Márquez-García AZ, Tapia-Gonzalez CI, Rosales-Hoz L, Alatorre-Mendieta M ángel. 2015. Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe noroeste. Bol. la Soc. Geológica Mex. 67:21-43.

Castillo-Géniz JL, Márquez-Farias JF, Rodriguez de la Cruz MC, Cortés E, Cid Del Prado A. 1998. The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. Mar. Freshw. Res. 49:611-620.

Castro JI. 1983. Sharks of North American waters. Texas: Texas: A & M University Press, College Station.

Castro JI. 1987. The position of sharks in marine biological communities: An overview. En: Cook S, editor. Sharks, an inquiry into biology, behavior, fisheries, and use. Oregon State Univ. Extension Service. p. 240.

Castro JI. 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. Environ. Biol. Fishes 38:37-48.

Castro JI. 2009. Observations on the reproductive cycles of some viviparous North American sharks. Aqua, Int. J. Ichtyology 15:205-222.

Chin A, Heupel MR, Simpfendorfer CA, Tobin AJ. 2016. Population organisation in reef sharks: New variations in coastal habitat use by mobile marine predators. Mar. Ecol. Prog. Ser. 544:197-211.

CITES. 2013. Consideration of Proposals for Amendment of Appendices I and II. Bangkok, Thailand.

Clarke KR, Warwick RM. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2nd ed. Primer-E.

Clarke MR. 1986. A Handbook for the Identificacition of Cephalopod Beaks. Plymouth, UK: Clarendon Press, Oxford.

Clarke TA. 1971. The ecology of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in Hawaii. Pacific Sci. 25:133-144.

Compagno LJV. 1984. FAO species catalogue, Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part. 2. Carcharhiniformes. Rome: FAO Fisheries Synopsis.

CONABIO, CONANP, TNC, PRONATURA. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy- Programa México, Pronatura, A.C.

CONAPESCA. 2013. Anuario estadístico de Acuacultura y Pesca 2013. Mazatlán, México: CONAPESCA.

Cortés E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54:726-738.

Cortés E. 2004. Life history patterns, demography, and population dynamics. En: Carrier J, Musick J, Heithaus M, editores. Biology of Sharks and their Relatives. Florida: CRC press. p. 449-470.

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

Cottrell PE, Trites AW. 2002. Classifying prey hard part structures recovered from fecal remains of captive steller sea lions (Eumetopias jubatus). Mar. Mammal Sci. 18:525-539.

DeAngelis BM, McCandless CT, Kohler NE, Recksiek CW, Skomal GB. 2008. First characterization of shark nursery habitat in the United States Virgin Islands: Evidence of habitat partitioning by two shark species. Mar. Ecol. Prog. Ser. 358:257-271.

Denham J, Stevens J, Simpfendorfer CA, Heupel MR, Cliff G, Morgan A. 2007. The IUCN Red List of threatened species. Version 2014. Sphyrna mokarran.

Dodrill JW. 1977. A hook and line survey of the sharks found within five hundred meters of shore along Melbourne Beach, Brevard County, Florida. Florida Institute of Technology, Melbourne.

DOF. 2006. NOM-029-PESC-2006. México.

Duncan K, Holland KN. 2006. Habitat use, growth rates and dispersal patterns of juvenile scalloped hammerhead sharks *Sphyrna lewini* in a nursery habitat. Mar. Ecol. Prog. Ser. 312:211-221.

Enriquez C, Mariño-Tapia I, Jeronimo G, Capurro-Filograsso L. 2013. Thermohaline processes in a tropical coastal zone. Cont. Shelf Res. 69:101-109.

Expósito-Díaz G, Salas-de León D, Monreal-Gómez MA, Salas-Monreal D, Vázquez-Gutiérrez F. 2009. Inertial currents in the southern Gulf of Mexico Corrientes inerciales en el sur del Golfo de México. Ciencias Mar. 35:287-296.

Ferenbaugh J. 2007. Elemental Analysis of Otoliths and Eye Lenses in the Assessment of Steller Sea Lion Diets. Texas Tech University.

Field IC, Bradshaw CJA, Burton HR, Sumner MD, Hindell MA. 2005. Resource partitioning through oceanic segregation of foraging juvenile southern elephant seals (Mirounga leonina). Oecologia 142:127-135.

Figge F. 2004. Bio-folio: applying portfolio theory to biodiversity. Biodivers. Conserv. 13:827-849.

Fischer J, Josupeit H, Kalikoski D, Lucas CM. 2015. Fishers' knowledge and the ecosystem approach to fisheries. Applications, experiences and lessons in Latin America. Rome: FAO.

Flores-Coto C, Sanvicente-Añorve L, Zavala-García F, Zavala-Hidalgo J, Funes-Rodríguez R. 2014. Environmental factors affecting structure and spatial patterns of larval fish assemblages in the southern Gulf of Mexico. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 49:307-321.

Fowler SL, Cavanagh RD, Camhi M, Burgess GH, Cailliet GM, Fordham SV, Simpfendorfer CA, Musick JA. 2005. Sharks, rays and chimaeras: The status of the chondrichthyan fishes. Gland,

Switzerland and Cambridge, UK: IUCN/ SSC Shark Specialist Group. IUCN.

Fox DS, Starr RM. 1996. Comparison of commercial fishery and research catch data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:2681-2694.

Froeschke J, Stunz GW, Wildhaber ML. 2010. Environmental influences on the occurrence of coastal sharks in estuarine waters. Mar. Ecol. Prog. Ser. 407:279-292.

Gío-Argaez R, Machain-Castillo ML, Gaytan Caballero A. 2002. Los ostracodos de la zona económica exclusiva de México Parte I. La Bahía de Campeche. Jaina 13:1-11.

Guttridge TL, van Dijk S, Stamhuis EJ, Krause J, Gruber SH, Brown C. 2013. Social learning in juvenile lemon sharks, Negaprion brevirostris. Anim. Cogn. 16:55-64.

Guttridge TL, Gruber SH, Gledhill KS, Croft DP, Sims DW, Krause J. 2009. Social preferences of juvenile lemon sharks, Negaprion brevirostris. Anim. Behav. 78:543-548.

Haggan N, Neis B, Baird G. 2007. Fishers' Knowledge in Fisheries Science and Management. France: UNESCO.

Harry A V., Macbeth W. G, Gutteridge AN. 2011. The life histories of endangered hammerhead sharks (Carcharhiniformes, Sphyrnidae) from the east coast of Australia. J. Fish Biol. 78:2026-2051.

Hayes CG, Jiao Y, Cortés E. 2009. Stock Assessment of Scalloped Hammerheads in the Western North Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. North Am. J. Fish. Manag. 29:1406-1417. [accedido 2016 oct 6]. http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/M08-026.1#.V_bk28COmGE.mendeley

Heithaus MR. 2004. Predator-prey interactions. En: Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR, editores. Biology of the sharks and their relatives. Boca Raton, FL: CRC Press. p. 479-521.

Heithaus MR. 2007. Nursery areas as essential shark habitats: a theoretical perspective. Am. Fish. Soc. Symp.:3-13.

Hernández-García MDR, Martínez-Perez JA, Bautista-López TA, Reséndiz-Rodríguez JM. 2004. Descripción morfológica de los otolitos de las familias Engraulidae, Haemulidae y Achiridae del sistema estuarino de Tecolutla, Veracruz. Rev. Zool.:7-13.

Hernández-García V. 1995. The diet of the swordfish Xiphias gladius Linnaeus, 1758, in the central east Atlantic, with emphasis on the role of cephalopods. Fish. Bull. 93:403-411.

Herrera-Silveira J. 2006. Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): Investigación, diagnóstico y manejo. Ecotropicos 2:94-108.

Heupel M, Simpfendorfer C. 2005. Quantitative analysis of aggregation behavior in juvenile blacktip Sharks. Mar. Biol. 147:1239-1249.

Heupel MR, Carlson JK, Simpfendorfer CA. 2007. Review. Shark nursery areas: Concepts, definition, characterization and assumptions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 337:287-297.

Heupel MR, Simpfendorfer CA, Hueter RE. 2004. Estimation of shark home ranges using passive monitoring techniques. Environ. Biol. Fishes 71:135-142.

Hilborn R, Walters CJ. 1992. Quantitativw fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman an. Springer.

Hill NAO, Michael KP, Frazer A, Leslie S. 2010. The utility and risk of local ecological knowledge in developing stakeholder driven fisheries management: the Foveaux Strait dredge oyster fishery,

New Zealand. Ocean Coast. Manag. 53:659–668.

Houde N. 2007. The Six Faces of Traditional Ecological Knowledge: Challenges and Opportunities for Canadian Co-Management Arrangements. Ecol. Soc. 12:34.

Hoyos-Padilla EM, Ketchum JT, Klimley AP, Galván-magaña F. 2014. Ontogenetic migration of a female scalloped hammerhead shark *Sphyrna lewini* in the Gulf of California. Anim. Biotelemetry 2:1-9.

Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. J. Fish Biol 17:411-429.

Jiao Y, Cortés E, Andrews K, Guo F. 2011. Poor-data and data-poor species stock assessment using a Bayesian hierarchical approach. Ecol. Appl. 21:2691-2708.

Johannes RE, Neis B. 2007. The value of anecdote. En: Haggan N, Neis B, Baird G, editores. Fishers Knowledge in Fisheries Science and Management. Paris: Coastal Management Sourcebooks, 4. UNESCO. p. 41-58.

Kinney MJ. 2011. The communal nursery area paradigm revisited: niche overlap versus niche separation among juvenile shark species of Cleveland Bay. James Cook University.

Kinney MJ, Simpfendorfer CA. 2009. Review. Reassessing the value of nursery areas to shark conservation and management. Conserv. Lett. 2:53-60.

Klimley AP. 1985. Schooling in *Sphyrna lewini*. z. Tierpsychol. 70:297-319.

Klimley AP. 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. Environ. Biol. Fishes 18:27-40.

Knip DM, Heupel MR, Simpfendorfer CA. 2010. Sharks in nearshore environments: Models, importance, and consequences. Mar. Ecol. Prog. Ser. 402:1-11.

Lara-Domínguez AL, Villalobos-Zapata GJ, Rivera-Arriaga E. 1990. Catálogo bibliográfico de la región de la Sonda de Campeche. Campeche, México: EPOMEX, Serie científica 1. Universidad Autónoma de Campeche.

Levin PS, Stunz GW. 2005. Habitat triage for exploited fishes: Can we identify essential Essential Fish Habitat? Estuar. Coast. Shelf Sci. 64:70-78.

López-Jiménez LN, González-Solis A, Torruco D. 2014. Peces bentónicos y demersales de la Sonda de Campeche: sur del Golfo de México. Biodiversitas 113:12-16.

Lowe CG. 2002. Bioenergetics of free-ranging juvenile scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) in Kāne'ohe Bay, Ō'ahu, HI. J. Exp. Mar. Bio. Ecol. 278:141-156.

Lunn KE, Dearden P. 2006. Monitoring small-scale marine fisheries: An example from Thailand's Ko Chang archipelago. Fish. Res. 77:60-71.

Mackinson S. 2001. Integrating local and scientific knowledge: An example in fisheries science. Environ. Manage. 27:533-545.

Marie AD, Miller C, Cawich C, Piovano S, Rico C. 2017. Fisheries-independent surveys identify critical habitats for young scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) in the Rewa Delta, Fiji. Sci. Rep. 7:1-12.

Márquez-Farías JF. 2002. Análisis de la pesquería de tiburón de México. Universidad de Colima.

Marta CFL, Gasalla MA. 2013. A method for assessing fishers' ecological knowledge as a practical tool for ecosystem-based fisheries management: Seeking consensus in Southeastern Brazi. Fish. Res. 145:43-53.

Mathew S. 2011. Fishery-dependent information and the ecosystem approach: What role can fishers and their knowledge play in developing countries? ICES J. Mar. Sci.:1805-1808.

McEachran JD, Fechhelm JD. 1998. Fishes of the Gulf of Mexico V1-V2. Austin, Texas: University of Texas.

McEwan B, Emery KF, Quitmyer IR, Wing E, Scudder S, Drake DB, Hudson Y, Keel J, Odorizzi T. Pictorial Skeletal Atlas of Fishes. Environmental Archaeology at the Florida Museum of Natural History. :https://www.floridamuseum.ufl.edu/fishatlas/defaul.

McNab BK. 1963. Bioenergetics and the determination of Home Range. Am. Nat. 97:133-140.

Miller M, Carlson J, Cooper P, Kobayashi D, Nammack M, Wilson J. 2014. Status Review Report: Scalloped Hammerhead Shark (*Sphyrna lewini*). NOAA Fish.:125.

Moreno AY. Catálogo de otolitos de peces marinos comerciales del estado de Campeche. Campeche.

Morrissey JF, Gruber SH. 1993. Home Range of Juvenile Lemon Sharks , Negaprion brevirostris Home Range of Juvenile Lemon Sharks, Negaprion brevirostris. Copeia 1993:425-434.

Nagelkerken I, Sheaves M, Baker R, Connolly RM. 2015. The seascape nursery: A novel spatial approach to identify and manage nurseries for coastal marine fauna. Fish Fish. 16:362-371.

National Research Council. 1998. Improving Fish Stock Assessments. Washington, D.C.: The National Academies Press.

Noriega R, Werry JM, Sumpton W, Mayer D, Lee SY. 2011. Trends in annual CPUE and evidence of sex and size segregation of *Sphyrna lewini*: Management implications in coastal waters of northeastern Australia. Fish. Res. 110:472-477.

Oñate-González EC, Sosa-Nishizaki O, Herzka SZ, Lowe CG, Lyons K, Santana-Morales O, Sepulveda C, Guerrero-Ávila C, García-Rodríguez E, O'Sullivan JB. 2017. Importance of Bahia Sebastian Vizcaino as a nursery area for white sharks (Carcharodon carcharias) in the Northeastern Pacific: A fishery dependent analysis. Fish. Res. 188:125-137.

Parsons GR, Hoffmayer E. 2007. Identification and characterization of shark nursery grounds along the Mississippi and Alabama gulf coasts. Am. Fish. Soc. … 50:301-316.

Pennino MG, Conesa D, López-Quílez A, Muñoz F, Fernández A, Bellido JM. 2016. Fishery-dependent and independent data lead to consistent estimations of essential habitats. ICES J. Mar. Sci. 73:2302-2310.

Pérez-Jiménez JC, Méndez-Loeza I. 2015. The small-scale shark fisheries in the southern Gulf of Mexico: Understanding their heterogeneity to improve their management. Fish. Res. 172:96-104.

Pérez-Jiménez JC, Méndez-Loeza I, Cu-Salazar N. 2012. Current status of the shark fisheries in the Mexican Atlantic coast, with a review of successful management strategies for artisanal fisheries. Campeche, México.

Pérez-Jiménez JC, Méndez-Loeza I, Mendoza-Carranza M, Cuevas-Zimbrón E. 2012. Análisis histórico de las pesquerías de elasmobranquios del sureste del golfo de México. En: Sánchez AJ, Chiappa-Carrara X, Roberto B, editores. Recursos acuáticos costeros del sureste. Volumen II.

México. p. 463-481.

Pérez-Jiménez JC, Sosa-Nishizaki O, Furlong-Estrada E, Corro-Espinosa D, Venegas-Herrera A, Barragán-Cuencas O V. 2005. Artisanal shark fishery at Tres Marias Islands and Isabel Island in the Central Mexican Pacific. J. Northwest Atl. Fish. Sci. 35:333-343.

Piercy AN, Carlson JK, Sulikowski JA, Burgess GH. 2007. Age and growth of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in the north-west Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. Mar. Freshw. Res. 58:34-40.

Pinkas L, Oliphant MS, Iverson LK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152:105.

Poder Ejecutivo Federal. 2007. Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Ciudad de México.

Ramos Miranda J, Villalobos Zapata GJ. 2015. Aspectos socioambientales de la región de la Laguna de Términos, Campeche. Ramos Miranda J, Villalobos Zapata GJ, editores. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.

Rasalato E, Maginnity V, Brunnschweiler JM. 2010. Using local ecological knowledge to identify shark river habitats in Fiji (South Pacific). Environ. Conserv. 37:90-97.

Rochet MJ, Prigent M, Bertrand JA, Carpentier A, Coppin F, Delpech JP, Fontenelle G, Foucher E, Mahe K, Rostiaux E, et al. 2008. Ecosystem trends: evidence for agreement between fishers' perceptions and scientific information. ICES J. Mar. Sci. 65:1057-1068.

Rosenberg A, Bigford TE, Leathery S, Hill RL, Bickers K. 2000. Ecosystem approaches to fishery management through essential fish habitat.

Salomón-Aguilar CA, Villavicencio-Garayzar CJ, Reyes-Bonilla H. 2009. Zonas y temporadas de reproducción y crianza de tiburones en el Golfo de California: Estrategia para su conservación y manejo pesquero. Ciencias Mar. 35:369-388.

Sánchez-Gil P, Yañez-Arancibia A, Amezcua-Linares F. 1980. Diversidad, distribución y abundancia de las especies y poblaciones de peces demersales de la Sonda De Campeche (Verano 1978). An. del Inst. Ciencias del Mar y Limnol.

Serra-Pereira B, Erzini K, Maia C, Figueiredo I. 2014. Identification of potential essential fish habitats for skates based on fishers' knowledge. Environ. Manage. 53:985-998.

Sheaves M, Baker R, Johnston R. 2006. Marine nurseries and effective juvenile habitats : an alternative view. Mar. Ecol. Prog. Ser. 318:303-306.

Sigler MF, Cameron MF, Eagleton MP, Faunce CH, Heifetz J, Helser TE, Laurel BJ, Lindeberg MR, McConnaughey RA, Ryer CH, et al. 2012. Alaska Essential Fish Habitat research plan: A research plan for the National Marine Fisheries Service's Alaska Fisheries Science Center and Alaska Regional Office. AFSC processed report 2012-06. Alaska.

Silvano RAM, Begossi A. 2012. Fishermen's local ecological knowledge on southeastern Brazilian coastal fishes: Contributions to research, conservation, and management. Neotrop. Ichthyol. 10:133-147.

Silvano RAM, MacCord PFL, Lima R V., Begossi A. 2006. When does this fish spawn? Fishermen's local knowledge of migration and reproduction of Brazilian coastal fishes. Environ. Biol. Fishes 76:371-386.

Simpfendorfer CA, Milward NE. 1993. Utilisation of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families Carcharhinidae and Sphyrnidae. Environ. Biol. Fishes 37:337-345.

Sparre P, Venema SC. 1997. Introducción a la Evaluación de Recursos Pesqueros Tropicales. Parte 1. Roma, Italia.

Speed CW, Field IC, Meekan MG, Bradshaw CJA. 2010. Complexities of coastal shark movements and their implications for management. Mar. Ecol. Prog. Ser. 408:275-293.

Springer S. 1967. Social organization of shark populations. En: Gilbert PW, Mathewson RF, Rall DP, editores. Sharks, skates and rays. Baltimore, Maryland: John Hopkins Press. p. 149-174.

Stillwell CE, Kohler NE. 1982. Food, Feeding Habits, and Estimates of Daily Ration of the Shortfin Mako (Isurus oxyrinchus) in the Northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:407-414.

Tercerie S, Bearez P, Pruvost P, Bailly N, Vignes-Lebbe R. 2016. Osteobase. :http://osteobase.mnhn.fr/index.php?lang=en.

Torres-Huerta AM, Villavicencio-Garayzar CJ, Corro-Espinosa D. 2008. Biología reproductiva de la cornuda común *Sphyrna lewini* Griffith & Smith (Sphyrnidae) en el Golfo de California. Hidrobiología 18:227-238.

Tunnell JW, Chávez EA, Withers K. 2007. Coral reefs of the southern Gulf of Mexico. 1.ª ed. EUA: Texas A&M University Pres.

Usher PJ. 2000. Traditional Ecological Knowledge in Environmental Assessment and Management. Arctic 53:183-193.

Vidal VMV, Vidal V. F, Hernandez FA, Meza E, Zambrano L. 1994. Winter water mass distributions in the western Gulf of Mexico affected by a colliding anticyclonic ring. J. Oceanogr. 50:559-588.

Villalobos-Zapata GJ, Mendoza-Vega J. 2010. La biodiversidad en Campeche: Estudio de estado. Campeche, México: CONABIO, Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, ECOSUR.

Vooren CM, Klippel S, Galina AB. 2005. Biologia e status de conservação dos tubarões martelo *Sphyrna lewini* e S. zygaena. En: Vooren CM, Klippel S, editores. Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil. Porto Alegre, Brasil: Igaré. p. 262.

Weng K, Foley D, Ganong J, Perle C, Shillinger G, Block B. 2008. Migration of an upper trophic level predator, the salmon shark Lamna ditropis, between distant ecoregions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 372:253-264.

Wright VD. 1981. Some observations on the biology of the sharks of the Florida Keys and adjacent waters. Florida Atlantic University.

Yáñez-Arancibia A, Day JW. 1982. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the Southern Gulf of Mexico. 5:431-440.

Yañez-Arancibia A, Sánchez-Gil P. 1982. Environmental, behavior of Campeche sound ecological system, off Términos Lagoon México: Preliminary results. An. del Inst. Ciencias del Mar y Limnol.

Yáñez-Correa A. 1971. Procesos costeros y sedimentos recientes de la plataforma continental al sur de la Bahía de Campeche. Bol. Soc. Geol. Mex. 32:75-115.

Yates PM. 2014. Diversity in shark nursery area function in the Great Barrier Reef. James Cook University.

Yates PM, Heupel MR, Tobin AJ, Simpfendorfer CA. 2012. Diversity in young shark habitats provides the potential for portfolio effects. Mar. Ecol. Prog. Ser. 458:269-281.

Yates PM, Heupel MR, Tobin AJ, Simpfendorfer CA. 2015. Ecological Drivers of Shark Distributions along a Tropical Coastline. PLoS One 10:1-18.

Zanella I, López A, Arauz R. 2009. Caracterización de la pesca del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, en la parte externa del golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev. Mar. y Cost. 1:175-195.

Zanella I, López-Garro A, McComb-Kobza DM, Golfín-Duarte G, Pérez-Montero M, Morales J. 2016. First record of young-of-the-year Scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini* (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) from Isla del Coco National Park, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 64:3-4.

Zarate J. 2002. Biología y pesquería del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) de las aguas costeras del Golfo de México. UNAM.