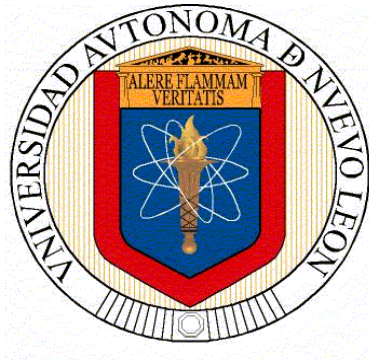


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**ANÁLISIS BIO-ECOLÓGICO, PESQUERO Y GENÉTICO PARA LA
CONSERVACIÓN DE TRES ESPECIES DE TIBURÓN DE
IMPORTANCIA PESQUERA EN EL PACÍFICO MEXICANO**

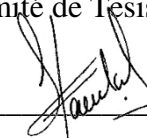
**Por:
MARÍA TERESA CARREÓN ZAPIAIN**

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS
Con acentuación en
MANEJO DE VIDA SILVESTRE Y DESARROLLO SUSTENTABLE**

Agosto, 2020

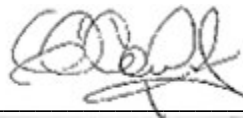
**ANÁLISIS BIO-ECOLÓGICO, PESQUERO Y GENÉTICO PARA LA
CONSERVACIÓN DE TRES ESPECIES DE TIBURÓN DE IMPORTANCIA
PESQUERA EN EL PACÍFICO MEXICANO**

Comité de Tesis



Dra. Susana Favela Lara

Presidente

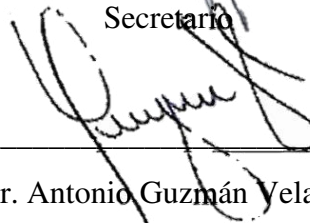


Dr. Guillermo A. Campeán Jiménez

Co-Director

Dr. Jaime Otilio González Pérez

Secretario



Dr. Antonio Guzmán Velasco

Vocal

Dr. Arcadio Valdés González

Vocal

Dr. Antonio Leija Tristán

Vocal

**ANÁLISIS BIO-ECOLÓGICO, PESQUERO Y GENÉTICO PARA LA
CONSERVACIÓN DE TRES ESPECIES DE TIBURÓN DE IMPORTANCIA
PESQUERA EN EL PACÍFICO MEXICANO**

Dirección de Tesis



Dra. Susana Favela Lara

Director



Dr. Guillermo A. Compeán Jiménez

Co-Director

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente al Creador Universal y a la Madre Naturaleza, por permitirme este instante de existencia consciente, por la belleza presente en cada organismo, la complejidad de cada ecosistema, la perfección de los procesos químicos, genéticos, celulares y evolutivos. Gracias por la paz de la montaña y el dinamismo y sabiduría de los océanos.

A la Dra. Susana Favela Lara, mi madre en la ciencia y amiga, por confiar en mí, por exigirme, cuestionarme, escucharme y acompañarme en esta tesis “con mis bichos horribles”.

Al Dr. Guillermo Compeán quien a pesar de su ocupada agenda ha tenido a bien tenderme la mano para ayudarme en mi desarrollo como profesionista, recibíndome en una estancia de investigación en la CIAT, compartiendo conmigo sus experiencias y pensar.

Al Dr. Jaime Otilio González Pérez, por creer en este proyecto desde un principio, por mediar la gestión de los datos y financiamiento, porque aunque a veces parecía desaparecer, siempre estuvo para apoyar, escuchar y compartir.

A los Doctores Roberto Mercado, Antonio Leija, Arcadio Valdés y Antonio Guzmán, por el tiempo que dedicaron a la revisión de esta tesis y sus aportaciones para mejorarla.

Agradezco a todos aquellos que sin esperar nada a cambio y a veces con el más pequeño de los comentarios aportaron mucho para la realización de este trabajo de tesis: Biól. Marcela Flores y C.P. Armando Díaz de FIDEMAR, Biól. Héctor López (UANL), Dr. Alex Da Silva y M.C. Marlon Roman de CIAT, Dr. Juan Carlos Pérez-Jiménez (ECOSUR) y Dr. Rafael Tavares; así como a los observadores científicos a bordo de las embarcaciones tiburoneras (especialmente a mis amigos M.C. Carlos Godínez y el Ing. Pesq. Alejandro Ramírez) sin cuyo esfuerzo y ardua labor este tipo de proyectos no sería posible.

Agradezco a cada miembro de mi familia que nunca dejó de creer en mí, de apoyarme en todos los sentidos que pudieron y de preguntarme “¿cómo vas con tu tesis?”.

A la Sra Pía Echavarría por ayudarme a mantener la salud mental y guiarme en este viaje de autodescubrimiento.

Gracias al Dr. Javier Banda Leal, por su incondicional amor y apoyo, por siempre escucharme paciente y conscientemente, por aconsejarme, secar mis lágrimas, juntar los pedacitos de mí con un abrazo y por no permitir que me rindiera. Te amo mucho.

Agradezco el amor y paciencia de todos los amigos que me han acompañado en este proceso, aquellos que a pesar de mis largos períodos de ausencia siguen estando ahí para acompañarnos en la vida: Myriam, Rocío, Thalia, Olga, Ernesto; mis hermanos de camada Eugenia, Omar, Oscar (Goyito), Arthur, Juan José (Buba), Jorge (Georgy), Joel, Anita; al “grupo de apoyo de estudiantes de posgrado” (Cony, Hiram y fauna de acompañamiento) por compartir quejas, lágrimas, chismes, angustias, ansiedades y problemas existenciales...pero también alegrías, logros, risas y cervezas.

Y finalmente, gracias a todos aquellos que comenzaron este viaje conmigo y que hoy ya no me acompañan, gracias a todos los que no creyeron en mí y menospreciaron mi trabajo; porque gracias a ustedes aprendí a quererme más, me fortalecí y crecí.

DEDICATORIA

Para todos aquellos a quienes les han dicho que sus sueños son “imposibles”.

Persigan siempre su objetivo, el camino estará lleno de retos, contratiempos, subidas y bajadas con los cuales la vida les preguntará “¿qué tanto deseas alcanzar tu meta?” ... y si lo deseas lo suficiente, lograrás ver en cada reto un aprendizaje, con cada contratiempo ganarás experiencia, con cada subida y bajada podrás reconectar con la pasión que te llevó a iniciar este recorrido.

Cree en ti, aprende a escuchar a “los viejos lobos” así como a ti mismo (a).

El corazón siempre sabe cuál es el camino. Sé valiente y confía.

“La victoria y el fracaso son dos impostores. Hay que recibirlos con idéntica serenidad y un sano grado de desdén”

Rudyard Kipling

INDICE

LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABLAS	
LISTA DE GRÁFICAS	
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	3
Estatus taxonómico	3
Biología.....	4
Edad y crecimiento.....	4
Reproducción	7
Distribución y movimientos migratorios	9
Zonas de crianza.....	11
Ecología molecular y su aplicación en la conservación.....	12
Pesquería mundial de tiburón.....	14
Pesquería de tiburón de mediana altura en el Pacífico Mexicano.....	16
Leyes de ordenamiento pesquero y protección de tiburones en México	20
Análisis de Riesgo Ecológico.....	23
HIPÓTESIS.....	28
OBJETIVOS	29
OBJETIVO GENERAL	29
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
CAPÍTULO 1. ANÁLISIS PESQUEROS	30
Resumen.....	30
Introducción	32
Material y métodos.....	34

Base de datos.....	34
Análisis de estructura poblacional por captura total, anual y estacional.....	35
Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) relativa.....	37
Resultados	38
Base de datos.....	38
Análisis de estructura poblacional por captura total, anual y estacional.....	38
Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) relativa	51
Discusión.....	69
Análisis de estructura poblacional por captura total, anual y estacional.....	69
Captura Por Unidad de Esfuerzo.....	70
Conclusiones	73
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS BIO-ECOLÓGICO	74
Resumen.....	74
Introducción	75
Metodología	76
Estimación de la edad.....	76
Talla media de madurez sexual.....	77
Cálculo de relaciones biométricas.....	77
Análisis de la distribución de juveniles.....	77
Resultados	78
Estimación de la edad.....	78
Talla media de madurez sexual.....	85
Calculo de relaciones biométricas.....	88
Relación Longitud Furcal - Longitud Total (LF-LT).....	88
Relación Longitud Total-Peso (LT - P)	91

Análisis de la distribución de juveniles.....	94
Discusión.....	104
Estimación de la edad.....	104
Talla media de madurez sexual.....	105
Cálculo de relaciones biométricas.....	106
Relación Longitud Furcal – Longitud Total	106
Relación Peso – Longitud Total.....	107
Análisis de la distribución de neonatos y juveniles de un año.....	108
Conclusiones	110
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RIESGO ECOLÓGICO	112
Resumen.....	112
Introducción	113
Material y métodos.....	115
Determinación y ponderación de atributos genéticos que serán incluidos en el Análisis de Productividad y Susceptibilidad.....	115
Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS).....	116
Resultados	125
Determinación y ponderación de atributos genéticos que serán incluidos en el Análisis de Productividad y Susceptibilidad.....	125
Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS).....	139
Discusión.....	148
Conclusiones	151
BIBLIOGRAFÍA	152

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Actual clasificación por Orden de los tiburones (Tomado de Compagno, 2001)	4
Figura 2. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy para <i>Prionace glauca</i> del Pacífico Norte y el Norte y Sur del Océano Atlántico. (Tomado de Camhi et al., 2008).....	5
Figura 3. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy de Cailliet et. al (1983) y Smith et al.. (2008). (Tomado de Camhi et al., 2008)	7
Figura 4. Patrón migratorio de <i>P. glauca</i> en el Norte del Pacífico (Tomado de Camhi et al., 2008).	10
Figura 5. Diagrama de palangre o cimbra, arte de pesca utilizada por las embarcaciones de mediana altura en el Pacífico Mexicano. (Tomado de Murillo y Pacheco, 2007)	18
Figura 6. Distribución geográfica de los permisos de pesca comercial de tiburones vigentes en 2012 para embarcaciones menores y mayores del litoral del Pacífico Mexicano (Tomado de Medina-Bautista, 2014).	19
Figura 7. Regiones oceánicas (a), provincias marinas (b) y ecorregiones marinas nivel I (c) de México. (Tomado de Lara-Lara et al., 2008)	24
Figura 8. Sistemas de corrientes superficiales del Pacífico Oriental Tropical: Corriente de California (CC), Corriente Nor-ecuatorial (NEC), Contra-corriente Nor-ecuatorial (NECC), Contra-corriente Sur-ecuatorial (SEC), Corriente Submarina Ecuatorial (EUC), Corriente Peruana (PEC), Corriente de Panamá (PAC), Corriente Costera de Costa Rica (CRCC), Giro de la Ensenada de Panamá (PBG), Domo de Costa Rica (CRD), Cuenco de Tehuantepec (TB) (Modificado de STRI, 2015.).....	25
Figura 9. Promedio anual de la productividad biológica (medido en mg de clorofila por m ³) de los mares mexicanos. (Tomado de CONAPESCA, 2010).	26
Figura 10. Temperatura Superficial del Mar (TSM) de los mares mexicanos, promedio de 1985-2009. (Tomado de CONAPESCA, 2010).	27
Figura 11. Variabilidad interanual en el Pacífico Mexicano: condiciones de El Niño en Abril (a) y Octubre (b) de 1997, condiciones promedio de Abril (c) y Octubre (d) de 1980-2006 y condiciones de la Niña en Abril (e) y Octubre (f) de 1989.	27
Figura 12. Mapa de temperatura superficial del mar (TSM) promedio en las zonas de captura de tiburón durante los años 2006-2013.....	94
Figura 13. Mapas trimestrales de temperatura superficial del mar (TSM) promedio en las zonas de captura de tiburón del período 2006-2013. a) Enero-Marzo, b) Abril-Junio, c) Julio-Septiembre, d) Octubre-Diciembre.....	95
Figura 14. Mapa de TSM durante el trimestre Enero-Marzo en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>P. glauca</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).	96
Figura 15. Mapa de TSM durante el trimestre Abril-Junio en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>P. glauca</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).	97

Figura 16. Mapa de TSM durante el trimestre Julio-Septiembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>P. glauca</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).	97
Figura 17. Mapa de TSM durante el trimestre Octubre-Diciembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>P. glauca</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).	98
Figura 18. Mapa de TSM durante el trimestre Enero-Marzo en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>I. oxyrinchus</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).....	99
Figura 19. Mapa de TSM durante el trimestre Abril-Junio en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>I. oxyrinchus</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).....	99
Figura 20. Mapa de TSM durante el trimestre Julio-Septiembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>I. oxyrinchus</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).....	101
Figura 21. Mapa de TSM durante el trimestre Octubre-Diciembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>I. oxyrinchus</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).....	101
Figura 22. Mapa de TSM durante el trimestre Enero-Marzo en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>A. vulpinus</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).	102
Figura 23. Mapa de TSM durante el trimestre Abril-Junio en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>A. vulpinus</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).	102
Figura 24. Mapa de TSM durante el trimestre Julio-Septiembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>A. vulpinus</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).	103
Figura 25. Mapa de TSM durante el trimestre Octubre-Diciembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de <i>A. vulpinus</i> neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).	103
Figura 26. Gráfica de Riesgo Ecológico de tres especies de tiburón de importancia pesquera: <i>P. glauca</i> (1), <i>I. oxyrinchus</i> (2), <i>A. vulpinus</i> (3).....	144
Figura 27. Gráfica de Riesgo Ecológico de tres especies de tiburón de importancia pesquera (<i>P. glauca</i> (1), <i>I. oxyrinchus</i> (2), <i>A. vulpinus</i> (3)), con la inclusión de atributos genéticos de susceptibilidad	145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ranking mundial de capturas de tiburón 2000-2009 (toneladas, peso vivo).....	15
Tabla 2. Ranking de principales países productores de tiburón 2005-2014 (toneladas, peso vivo)	15
Tabla 3. Características generales de la flota tiburonera de mediana altura del Pacífico Mexicano para 2007. (Tomado de Medina-Bautista 2014).....	20
Tabla 4. Actividad por temporada de la flota tiburonera de mediana altura del Pacífico Mexicano. (Modificado de Medina-Bautista 2014).	20
Tabla 5. Parámetros proporcionados en la base de datos por el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD).....	36
Tabla 6. Determinación del estadio sexual mediante caracteres morfológicos	37
Tabla 7. Número total de organismos capturados durante el período 2006-2013.	38
Tabla 8. Número total de cruceros, lances y anzuelos analizados durante el período 2006-2013.....	38
Tabla 9. Proporción sexual de la captura total, de la captura promedio anual y trimestral.	39
Tabla 10. Estructura por estadio sexual de la captura total durante 2006-2013, promedio anual y trimestral	39
Tabla 11. Proporción sexual de la captura total, captura promedio anual y trimestral de <i>P. glauca</i>	42
Tabla 12. Estructura por estadio sexual de la captura total durante 2006-2013, promedio anual y trimestral de <i>P. glauca</i>	42
Tabla 13. Proporción sexual de la captura total, captura promedio anual y trimestral de <i>I. oxyrinchus</i> ...	45
Tabla 14. Estructura por estadio sexual de la captura total durante 2006-2013, promedio anual y trimestral de <i>I. oxyrinchus</i>	45
Tabla 15. Proporción sexual de la captura total, captura promedio anual y trimestral de <i>A. vulpinus</i>	48
Tabla 16. Estructura por estadio sexual de la captura total durante 2006-2013, promedio anual y trimestral de <i>A. vulpinus</i>	48
Tabla 17. Captura por Unidad de Esfuerzo de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.....	51
Tabla 18. Captura por Unidad de Esfuerzo de <i>P. glauca</i> durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.	53
Tabla 19. Captura por Unidad de Esfuerzo de <i>I. oxyrinchus</i> durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.....	54
Tabla 20. Captura por Unidad de Esfuerzo de <i>A. vulpinus</i> durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.	55
Tabla 21. Captura por Unidad de Esfuerzo de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Lance.	57
Tabla 22. Captura por Unidad de Esfuerzo de <i>P. glauca</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Lance.....	58

Tabla 23. Captura por Unidad de Esfuerzo de <i>I. oxyrinchus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Lance.	60
Tabla 24. Captura por Unidad de Esfuerzo de <i>A. vulpinus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Lance.	61
Tabla 25. Captura por Unidad de Esfuerzo de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.	63
Tabla 26. Captura por Unidad de Esfuerzo de <i>P. glauca</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.	64
Tabla 27. Captura por Unidad de Esfuerzo de <i>I. oxyrinchus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.	66
Tabla 28. Captura por Unidad de Esfuerzo de <i>A. vulpinus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.	67
Tabla 29. Parámetros de crecimiento utilizados por especie para el cálculo de la edad mediante la ecuación inversa de Von Bertalanffy	76
Tabla 30. Número de datos incluidos en el análisis de la relación biométrica LF-LT para cada especie de estudio	88
Tabla 31. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica LF-LT de <i>Prionace glauca</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.	89
Tabla 32. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica LF-LT de <i>Isurus oxyrinchus</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.	89
Tabla 33. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica LF-LT de <i>Alopias vulpinus</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.	90
Tabla 34. Número de datos por especie que fueron incluidos en el análisis de la relación longitud-peso.	91
Tabla 35. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica P-LT de <i>Prionace glauca</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.	91
Tabla 36. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica P-LT de <i>Isurus oxyrinchus</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.	92
Tabla 37. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica P-LT de <i>Alopias vulpinus</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.	93
Tabla 38. Promedio de la Temperatura Superficial del Mar durante 2006-2013	94
Tabla 39. Elementos del marco jurídico de la pesquería de tiburones y rayas con su respectiva fecha de publicación.	115
Tabla 40. Ponderación de la calidad de los datos en el APS (Tomado de Patrick et al., 2009).	118
Tabla 41. Atributos de productividad biológica evaluados en el APS (Patrick et al., 2009)	120
Tabla 42. Atributos de susceptibilidad a la pesca evaluados en el APS (Patrick, et al., 2009)	121
Tabla 43. Atributos de susceptibilidad a la pesca y variabilidad genética evaluados en el APS (modificado de Patrick et al., 2009).....	123
Tabla 44. Elementos del marco jurídico de la pesquería de tiburones y rayas revisados en este estudio	129

Tabla 45. Literatura consultada para la obtención de valores y rangos de los atributos genéticos a incluir en el APS.....	131
Tabla 46. Valores y rangos de ponderación de las variables de estructura y diversidad genética.(ADNmt= ADN mitocondrial, ADNn= ADN nuclear, h =diversidad haplotípica, π = diversidad nucleotídica).....	139
Tabla 47. Valores de los atributos genéticos de susceptibilidad para nuestras especies de interés.	139
Tabla 48. Atributos de productividad biológica y ponderación para cada especie.....	141
Tabla 49. Atributos de susceptibilidad a la pesca y ponderación para cada especie.	142
Tabla 50. Resultados del Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS).	144
Tabla 51. Resultados del Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS) con la inclusión de atributos genéticos.....	145
Tabla 52. Atributos de susceptibilidad genética y pesquera con su ponderación para cada especie.	146

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Captura total de las especies de estudio durante el período 2006-2013	40
Gráfica 2. Promedio de captura trimestral de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013.....	40
Gráfica 3. Captura total (a) y trimestral (b) por estadio de madurez de <i>P. glauca</i> , <i>I. oxyrinchus</i> y <i>A. vulpinus</i> durante 2006-2013.	41
Gráfica 4. Distribución (a) y abundancia total (b) trimestral (c) y promedio (c) de la captura de <i>P. glauca</i> durante el período 2006-2013 en el Pacífico Mexicano.	43
Gráfica 5. Captura anual (a) y trimestral (b) por sexo, y captura anual (c) y trimestral (d) por estadios de madurez sexual de <i>P. glauca</i> durante 2006-2013.	44
Gráfica 6. Distribución (a) y abundancia total (b) trimestral (c) y promedio (c) de la captura de <i>I. oxyrinchus</i> durante el período 2006-2013 en el Pacífico Mexicano	46
Gráfica 7. Captura anual (a) y trimestral (b) por sexo, y captura anual (c) y trimestral (d) por estadios de madurez sexual de <i>I. oxyrinchus</i> durante 2006-2013.....	47
Gráfica 8. Distribución (a) y abundancia total (b) trimestral (c) y promedio (c) de la captura de <i>A. vulpinus</i> durante el período 2006-2013 en el Pacífico Mexicano	49
Gráfica 9. Captura anual (a) y trimestral (b) por sexo, y captura anual (c) y trimestral (d) por estadios de madurez sexual de <i>A. vulpinus</i> durante 2006-2013.	50
Gráfica 10. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.....	52
Gráfica 11. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero	52
Gráfica 12. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de <i>P. glauca</i> durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.....	53
Gráfica 13. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de <i>P. glauca</i> durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero	53
Gráfica 14. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de <i>I. oxyrinchus</i> durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.....	54
Gráfica 15. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de <i>I. oxyrinchus</i> durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero	55
Gráfica 16. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de <i>A. vulpinus</i> durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.....	56
Gráfica 17. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de <i>A. vulpinus</i> durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero	56

Gráfica 18. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: lance	57
Gráfica 19. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: lance.	58
Gráfica 20. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de <i>P. glauca</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: lance.	59
Gráfica 21. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de <i>P. glauca</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: lance.	59
Gráfica 22. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de <i>I. oxyrinchus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: lance.	60
Gráfica 23. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de <i>I. oxyrinchus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: lance.	60
Gráfica 24. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de <i>A. vulpinus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: lance.	62
Gráfica 25. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de <i>A. vulpinus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: lance.	62
Gráfica 26. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.....	63
Gráfica 27. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: Anzuelos.	64
Gráfica 28. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de <i>P. glauca</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: anzuelos.....	65
Gráfica 29. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de <i>P. glauca</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: anzuelos.....	65
Gráfica 30. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de <i>I. oxyrinchus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.....	66
Gráfica 31. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de <i>I. oxyrinchus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: Anzuelos.....	67
Gráfica 32. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de <i>A. vulpinus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.....	68
Gráfica 33. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de <i>A. vulpinus</i> en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: Anzuelos.....	68
Gráfica 34. Histograma de frecuencias de tallas de las hembras de <i>P. glauca</i> capturadas durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano	78
Gráfica 35. Histograma de frecuencias de tallas acotadas según Blanco-Parra et. al. 2008 para <i>P. glauca</i> (hembras)	79

Gráfica 36. Histograma de frecuencia de edades de <i>P. glauca</i> (hembras).....	79
Gráfica 37. Histograma de frecuencias de tallas de los machos de <i>P. glauca</i> capturados durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano	80
Gráfica 38. Histograma de frecuencias de tallas acotadas según Blanco-Parra et. al. 2008 para <i>P. glauca</i> (machos).....	80
Gráfica 39. Histograma de frecuencia de edades de <i>P. glauca</i> (machos)	81
Gráfica 40. Histograma de frecuencias de tallas de los machos de <i>I. oxyrinchus</i> capturados durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano	82
Gráfica 41. Histograma de las frecuencias de edades de <i>I. oxyrinchus</i> capturados durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano (sexos combinados).	82
Gráfica 42. Histograma de frecuencia de tallas de las hembras de <i>A. vulpinus</i> capturadas durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano.	83
Gráfica 43. Histograma de frecuencias de las edades calculadas para <i>A. vulpinus</i> (hembras)	83
Gráfica 44. Histograma de frecuencias de tallas de los machos de <i>A. vulpinus</i> capturados durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano.	84
Gráfica 45. Histograma de frecuencia de edades de <i>A. vulpinus</i> (machos)	85
Gráfica 46. Talla media de madurez sexual de las hembras de <i>P. glauca</i> capturadas durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano	85
Gráfica 47. Talla media de madurez sexual de los machos de <i>P. glauca</i> capturados durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano.	86
Gráfica 48. Talla media de madurez sexual de las hembras de <i>I. oxyrinchus</i> capturadas durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano.....	86
Gráfica 49. Talla media de madurez sexual de los machos de <i>I. oxyrinchus</i> capturados durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano.....	87
Gráfica 50. Talla media de madurez sexual de las hembras de <i>A. vulpinus</i> capturadas durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano.....	87
Gráfica 51. Talla media de madurez sexual de los machos de <i>A. vulpinus</i> capturados durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano.....	88
Gráfica 52. Gráfica de dispersión de LF vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de <i>P. glauca</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.....	89
Gráfica 53. Gráfica de dispersión de LF vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de <i>I. oxyrinchus</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.	90
Gráfica 54. Gráfica de dispersión de LF vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de <i>A. vulpinus</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.....	90
Gráfica 55. Gráfica de dispersión de P vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de <i>P. glauca</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.....	91
Gráfica 56. Gráfica de dispersión de P vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de <i>I. oxyrinchus</i> capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.....	92

Gráfica 57. Gráfica de dispersión de P vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de *A. vulpinus* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013..... 93

INTRODUCCIÓN

Los tiburones son depredadores apicales en los ecosistemas marinos y costeros (Castillo et al.. 1998, Cortés 1999), exceptuando los tiburones ballena (*Rhyncodon typus*) y peregrino (*Cetorhinus maximus*) que son planctófagos. Sus particulares historias de vida los distinguen de los peces teleósteos pues presentan fecundación interna, baja fecundidad, largos períodos de gestación, crecimiento lento, frecuencia reproductiva variable, prolongada longevidad, compleja estructura espacial por tamaños, segregación por sexos, así como una estrecha relación stock-reclutamiento (Pratt y Casey 1990, Bonfil 1994, 1997; Bonfil et al.. 1993). Estas características determinan que sus poblaciones respondan rápidamente y de manera negativa a efectos ambientales y antropogénicos adversos, en tanto que presentan prolongados periodos de recuperación ante los efectos de las medidas de ordenación y conservación (CONAPESCA-INP 2004).

En el año 2004, los desembarques de tiburones y rayas alcanzaron las 810,000 t, representando el 0.8% de la producción pesquera mundial (FAO 2007). En México, la pesca de tiburones y rayas es una importante actividad del sector pesquero desde el punto de vista económico, alimentario y social en virtud de la generación de empleos en su fase de captura, manejo, proceso primario de la producción, distribución y comercialización de productos y subproductos pesqueros. Además, las actividades conexas generan empleos en la fabricación, venta y reparación de embarcaciones y motores y en la distribución de materiales para la pesca (CITES 2011). Durante 2014 la captura de tiburón fue de 28,192 t, lo que se tradujo en una derrama económica de \$444,046,000.00 M.N. (INP 2016). En particular la costa del Pacífico contribuye con más del 70% de la captura (más de 19,000 t), operando principalmente en la costa occidental de la península de Baja California, el Golfo de California, el Golfo de Tehuantepec (Cruz et al.. 2011) y en el Pacífico central mexicano (Medina-Bautista 2014).

Las especies de mayor interés para la conservación y aprovechamiento en el Pacífico mexicano son: el tiburón azul (*Prionace glauca*), tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*), tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*), tres especies del tiburón zorro (*Alopias spp.*),

tres especies de tiburón martillo (*Sphyrna spp.*) y tiburón puntas negras (*Carcharhinus limbatus*). (INAPESCA 2012, Márquez-Farías 2002, Bizarro et al.. 2007, 2009; Aguilar-Salomón 2009).

El propósito del presente estudio radica en generar información que ayude a robustecer y actualizar los planes de manejo pesquero que regulan el aprovechamiento de las poblaciones de tiburones del país, incorporando información sobre el patrimonio genético de tres especies de tiburones y proponiendo su introducción como factor importante a conservar.

En este trabajo se pretende utilizar las variaciones del volumen de la producción pesquera, parámetros poblacionales (como talla, sexo y relaciones biométricas) y los factores ambientales que influyen en la abundancia, crecimiento, reproducción y capturas de tres especies de tiburones de importancia comercial para evaluar el impacto que la pesca ejerce sobre ellas, así como su comportamiento en respuesta a la presión antropogénica que han recibido durante el período de estudio. Aunque a la fecha se han llevado a cabo Análisis de Riesgo Ecológico (PSA) con otras especies comerciales de elasmobranquios, este trabajo es considerado el pionero en evaluar la integración de parámetros genéticos de importancia en la conservación de tiburones pelágicos de importancia comercial.

ANTECEDENTES

Estatus taxonómico

Los condriictios son un grupo de peces que han habitado los mares de todo el mundo desde hace más de 400 millones de años (Devónico). La clase Chondrichthyes engloba a vertebrados cuya característica distintiva es su esqueleto cartilaginoso y está formada por la subclase Elasmobranchii (llamados así por los septos interbranquiales con los que cuentan) en el que se incluyen los tiburones y rayas, y la subclase Holocephalii en donde se encuentran las quimeras, peces elefante y pez rata (Compagno 2001). Los elasmobranquios, que son el grupo más diverso, cuentan con aproximadamente 60 familias, 185 géneros, y entre 929 y 1164 especies (Compagno 1984), su rasgo principal es la presencia de dentículos dérmicos recubriendo toda la piel de estos organismos. Los tiburones se clasifican dentro del superorden Selachimorpha, pues su cuerpo es generalmente fusiforme y con aberturas branquiales laterales. Así mismo, los selachimorfos se dividen en 8 órdenes distintos: Hexanchiformes, Squaliformes, Pristioforiformes, Squatiniformes, Heterodontiformes, Orectolobiformes, Carcharhiniformes y Lamniformes (Compagno 2001) (Fig. 1).

En la legislación mexicana, la NOM-029-PESC-2006 define “tiburón” como “cualquier especie de elasmobranquio...que pertenecen taxonómicamente a la Subclase Elasmobranchii, Superorden Euselachii (Selachimorpha), cuya principal característica externa es la de poseer generalmente cinco pares de aberturas branquiales dispuestas a los costados de la cabeza, aunque existen especies con seis y siete pares de aberturas branquiales”.

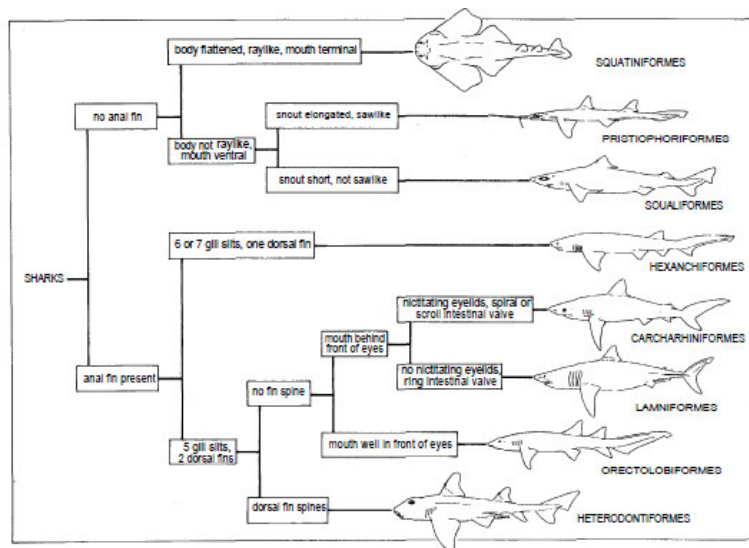


Figura 1. Actual clasificación por Orden de los tiburones (Tomado de Compagno 2001)

Biología

Edad y crecimiento

Prionace glauca

En el Pacífico Norte, la madurez sexual para ambos sexos se ha reportado en 200cm LT (Suda 1953, Nakano et al.. 1985), sin embargo, se han encontrado hembras preñadas de 183 cm LT en el noroeste del Pacífico (Williams 1977). En el Pacífico Sur, la madurez sexual de los machos de *P. glauca* se ha encontrado entre los 229-235 cm LT y en las hembras entre los 205-229 cm LT (Francis and Duffy 2005). Manning y Francis (2005) encontraron que las hembras parecen aproximarse a una menor media asintótica de longitud máxima y crecimiento a una tasa más rápida que los machos; sin embargo, esto podría deberse a un sesgo en el muestreo. Al respecto, Skomal y Natanson (2003) mencionan que, hasta la edad de 7 años, hembras y machos de tiburón azul crecen de forma similar; sin embargo posterior a esta edad, la tasa de crecimiento se mantiene constante mientras que la de los machos decrece, además de que teóricamente las hembras podrían alcanzar tallas mayores a los machos. Por otro lado, Pratt y Carrier (2001) mencionan que la piel de las hembras de tiburón azul es más gruesa en comparación con los machos, además de existir diferencias en su talla de madurez sexual.

En la Figura 2 se observan los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy obtenidos por varios autores. La generalidad de estos estudios indica para esta especie una longevidad de 20 años, con los machos madurando a los 4-6 años de edad y las hembras alcanzando su madurez a los 5-7 años, sin embargo, hacen falta más estudios para validar las estimaciones de edad de *P. glauca*. En un estudio llevado a cabo en la costa oeste de Baja California, Blanco-Parra *et al.* (2008) encontraron organismos que iban de los 44 a los 270 cm de LT, (0-16 años de edad) mientras que, en un estudio similar, Cailliet *et al.* (1983) encontraron tallas semejantes (30-270cm de LT) que iban de los 0 a los 9 años de edad. Así mismo, Furlong-Estrada *et al.* (2017) estimaron la edad máxima de esta especie en 10 años de edad con base en datos de pesquería de mediana altura y ribereña del Pacífico Norte mexicano. La talla máxima es reportada por la IUCN (2018) en 380 cm LT. Según Buencuerpo *et al.* (1988) la relación LT-LF en las hembras de esta especie está descrita por la ecuación: $LT = 1.158 FL + 5.678$ ($r^2 = 0.988$) y en los machos por la ecuación $LT = 1.117 LF + 2.958$ ($r^2 = 0.992$).

Source	Sex	L_{∞}	K	t_0	n	Length measurement
Pacific Ocean						
Cailliet <i>et al.</i> (1983)	Male	295.3	0.175	-1.113	38	TL
	Female	241.9	0.251	-0.795	88	
Tanaka (1984)	Male	308.2	0.094	-0.993	n.a.	PCL
	Female	256.1	0.116	-1.306	n.a.	
Nakano (1994)	Male	289.7	0.129	-0.756	148	PCL
	Female	243.3	0.144	-0.849	123	
Manning and Francis (2005)	Male	342.9	0.088	-1.257	140	FL
	Female	267.5	0.126	-1.047	288	
Atlantic Ocean						
Aasen (1966)	Combined	394.0	0.133	-0.801	n.a.	TL
Stevens (1975)	Combined	423.0	0.110	-1.035	82	TL
Aires-da-Silva (1996)	Combined	340.0	0.138	-1.075	308	TL
Henderson <i>et al.</i> (2001)	Combined	376.5	0.120	-1.330	30	TL
Skomal and Natanson (2003)	Male	282.3	0.180	-1.350	287	FL
	Female	310.8	0.130	-1.770	119	
Lessa <i>et al.</i> (2004)	Combined	352.0	0.160	-1.010	236	TL

*n.a.: not available; TL: total length; FL: fork length; PCL: precaudal length.

Figura 2. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy para *Prionace glauca* del Pacífico Norte y el Norte y Sur del Océano Atlántico. (Tomado de Camhi *et al.* 2008).

Isurus oxyrinchus

Aún existe mucha incertidumbre en la estimación de la edad y crecimiento de *I. oxyrinchus*, la cual se relaciona directamente con el debate de si producen una o dos bandas de crecimiento cada año (Cailliet *et al.* 1983, Pratt y Casey 1983). En el Sureste del Pacífico, Cerna y Licandeo (2009) encontraron hembras que iban de los 75-330 cm

LT y machos que medían entre 76 y 285 cm LT. En el Pacífico Mexicano, Vélez-Marín y Márquez-Farías (2009) reportaron rangos de LT de 61-238cm para machos y 76-286cm LT para hembras. Mollet et al. (2000) mencionan que la media global de talla de madurez sexual de *I. oxyrinchus* va de los 270-300cm LT para las hembras y 200-220cm LT para los machos. En un estudio llevado a cabo en el Noreste del Océano Pacífico, Semba et al. (2011) encontraron que los machos maduraban sexualmente a los 156cm de LT, mientras que las hembras alcanzaban la madurez a los 256cm LT. Maia et al. (2007), Semba et al. (2011) y Bustamante y Bennett (2013) calcularon que los machos maduran a 185-217 cm LT. En el sur de California, Wells et al. (2013) determinaron la talla de madurez sexual en 190 cm LT para los machos y 303 cm TL para las hembras. La talla de nacimiento de *I. oxyrinchus* ha sido evaluada en varios estudios: Mollet et al. (2000) establece esta talla en los 70 cm LT, Ribot-Carballal et. al. (2005) midieron neonatos de Baja California Sur encontrando una talla de nacimiento de 77cm de LT, Joung y Hsu (2005) mencionan que los juveniles del año (neonatos) miden 74 cm LT, Cerna y Licandeo (2009) establecen esta talla en los 75-76cm LT y Cortés et. al (2010) menciona que los juveniles tienen una talla de 70cm de LT. La relación LT-LF de tiburón mako fue descrita por Buencuerpo et. al. (1988) mediante la ecuación: $LT = 1.106 LF + 0.052$ ($r^2 = 0.985$) para las hembras y $LT = 1.111 FL + 0.870$ ($r^2 = 0.984$) para los machos.

Alopias vulpinus

Las tres especies del género *Alopias* tienen tasas de crecimiento de intermedias a relativamente rápidas comparadas con las de otros géneros de tiburones, con unos coeficientes de crecimiento que van de $K=0.09 - 0.19$; las hembras crecen más que los machos (Gruber y Compagno 1981, Cailliet et al. 1983, Compagno 1984, Liu et al. 1998, 1999). Cailliet et al. (1983) estimaron la edad de 167 individuos de *A. vulpinus* de la costa del Pacífico de Estados Unidos, concluyendo (bajo la suposición de que se deposita un par de bandas vertebrales por año) que las hembras maduran a los 260-315 cm LT y los 3-4 años de edad, mientras que los machos lo hacen a los 333cm LT y a los 7 años de edad. Incorporando los datos de 175 organismos obtenidos de la pesquería de red de deriva de California (1990-1999) a los datos de Cailliet et al. (1983) y bajo el mismo supuesto de deposición de bandas vertebrales, Smith et al. (2008) estimaron que las hembras

alcanzan la madurez sexual a los 303 cm LT y 5.3 años de edad, mientras que los machos lo hacen aproximadamente a la misma talla y edad (293-311cm LT y 4.8 años de edad) (Fig.3). De las tres especies del género *Alopias*, *A. vulpinus* parece ser la de mayor tamaño, alcanzando un máximo reportado para el Pacífico de 550cm LT. El tamaño de nacimiento de esta especie varía entre los 114-156 cm LT (Bigelow y Schroeder 1948, Hixon 1979, Compagno 1984, Moreno et al.. 1989). La longevidad *A. vulpinus* ha sido estimada en un rango que va de los 19-50 años de edad (Cailliet et al.. 1983, Smith et al.. 1998). La media general de la edad máxima reproductiva las hembras es aproximadamente 25 años de edad en la Costa Occidental de EUA (Smith et al.. 2008). La relación entre Longitud Total y Furcal de esta especie se describe como $LT = 1.687 LF + 20.483$ ($r^2 = 0.933$) para ambos sexos (Buencuerpo et. al. 1988).

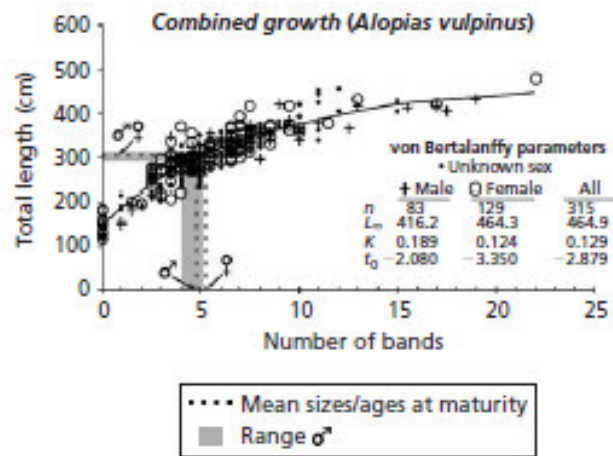


Figura 3. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy de Cailliet et. al (1983) y Smith et al.. (2008). (Tomado de Camhi et al.. 2008)

Reproducción

Prionace glauca

La estrategia reproductiva de *P. glauca* es vivípara placentaria, la gestación en esta especie dura de 9 a 12 meses y, en promedio, las camadas son de 30 crías (aunque se han registrado hasta 135 crías por camada); la LT al nacer es de 35-50 cm (Suda 1953, Gubanov y Grigor'yev 1975, Pratt 1979, Stevens 1984, Stevens y McLoughlin 1991, Nakano 1994, Castro y Mejuto 1995, Snelson et al.. 2008). Se ha reportado que la reproducción es estacional en casi todas las zonas de su distribución y que el nacimiento tiene lugar en los

meses de primavera o verano (Pratt 1979, Stevens 1984, Nakano et al.. 1985, Nakano 1994), aunque los períodos de ovulación y de parto pueden extenderse más (Strasburg 1958, Hazin et al.. 1994). No está claro si las hembras adultas gestan cada año, por lo que la fecundidad anual permanece sin conocerse (Nakano y Stevens 2008).

Isurus oxyrinchus

El método reproductivo de esta especie es vivíparo aplacentario con oofagia embrionica (Snelson et al.. 2008); las camadas son en promedio de 12 crías (con un rango que va de 4-25), que miden alrededor de 70 cm LT al nacer después de un tiempo de gestación de 15-18 meses (Mollet et al.. 2000, 2002). El ciclo reproductivo parece ser de 3 años (Stevens 2008). Los partos ocurren generalmente durante los últimos meses del invierno hasta primavera en ambos hemisferios, sin embargo, esto puede extenderse hasta el verano (Duffy y Francis 2001).

Alopias vulpinus

Las tres especies de tiburón zorro presentan reproducción ovovivípara aplacentaria y las camadas suelen ser pequeñas. *A. vulpinus* usualmente tiene de 2 a 4 crías (Gubanov 1978, Cailliet et al.. 1983, Bedford 1992), aunque se han reportado partos de hasta 7 crías en España (Moreno et al.. 1989) indicando que pudiese haber cierta plasticidad en este aspecto. *A. vulpinus* parece tener un ciclo reproductivo estacional en varias partes de su rango de distribución; por ejemplo, presumiblemente, el apareamiento tiene lugar a mediados del verano a lo largo de la costa occidental de EUA, así como en el noreste del Atlántico (Moreno et al.. 1989), con un tiempo estimado de gestación de 9 meses (Goldman 2005). Se piensa que el nacimiento ocurre en los meses de primavera en el noreste tanto del Pacífico como del Atlántico (Moreno et al.. 1989, Bedford 1992). Aunque a la fecha no hay datos contundentes sobre la periodicidad en la reproducción de esta especie, la mayoría de los autores coinciden en que *A. vulpinus* no se reproduce anualmente, sino una vez cada dos e incluso tres años (Castro 2009, Baremore y Hale 2012, Natanson y Gervelis 2013)

Distribución y movimientos migratorios

Prionace glauca

El tiburón azul es uno de los tiburones más ampliamente distribuidos, se le encuentra a lo largo de mares templados y tropicales desde los 60°N a los 50°S de latitud. Es una especie oceánica, epipelágica y se mueve desde la superficie hasta los 600m de profundidad; ocasionalmente se le encuentra cerca de la costa cuando la plataforma continental es estrecha. Frecuenta aguas con temperaturas que van de los 12°C a los 20°C y se le encuentra a grandes profundidades en aguas tropicales (Last y Stevens 1994).

El tiburón azul es una especie altamente migratoria con complejos patrones de movimiento relacionados a la reproducción y distribución de su presa. Se ha relacionado un cambio estacional en la abundancia de la población a altas altitudes con convergencias oceánicas o zonas límite, puesto que estas zonas son de alta productividad biológica (Nakano y Stevens 2008).

Nakano (1994) sugirieron el siguiente patrón migratorio para *P. glauca* en el Norte del Pacífico: el apareamiento tiene lugar a inicios del verano entre los paralelos 20° y 30°N, las hembras preñadas migran al norte para parir el siguiente verano. El nacimiento ocurre en zonas de crianza localizados entre los 35-45°N. Las hembras de 2 a 5 años (135-200cm LT) permanecen en dicha zona de crianza y la zona superior a ella hacia el Norte, en el Golfo de Alaska. Los machos de 2 a 4 años (135-200cm LT) se quedan en la zona de crianza y la zona inferior de ella hacia el sur. Las zonas de alumbramiento y de crianza se localizan en el límite sub-ártico donde hay mayor biomasa de presas para los juveniles, quienes se quedan en esa zona durante los próximos 5 a 6 años previos a la madurez (Nakano y Nagasawa 1996). Los adultos se encuentran principalmente en aguas ecuatoriales hacia el sur de las zonas de crianza. (Figura 4)

La segregación por sexos ha sido documentada por varios autores en el Océano Pacífico (Carrera-Fernández 2004, Carrera-Fernández et. al. 2010, Zhu et al.. 2011 y Cruz-Ramírez et. al. 2012) así como en el Océano Atlántico y Mar Mediterráneo (Macías et al.. 2015).

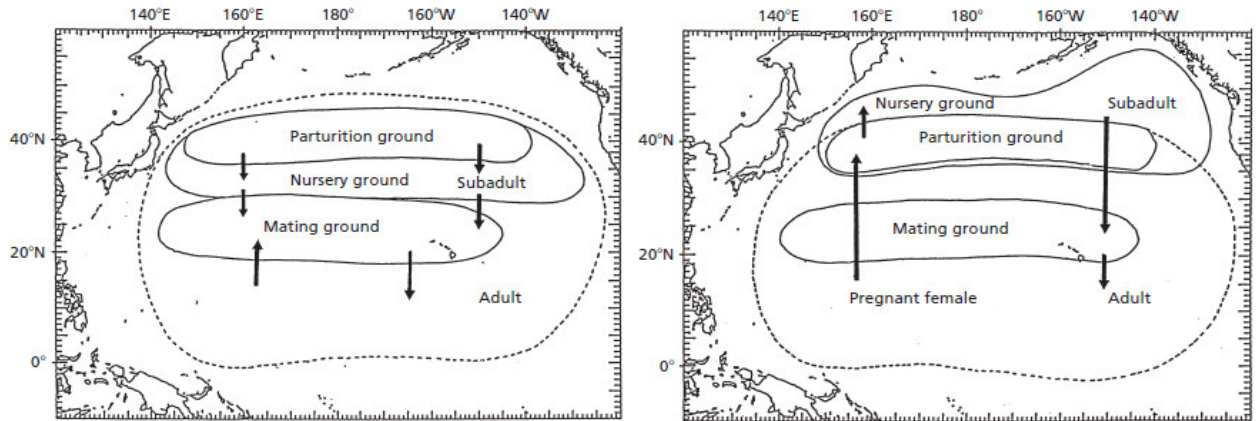


Figura 4. Patrón migratorio de *P. glauca* en el Norte del Pacífico (Tomado de Camhi et al., 2008).

Isurus oxyrinchus

El tiburón mako se encuentra desde aguas templadas hacia las tropicales de todos los océanos desde los 50°N (más arriba de los 60°N en el noreste del Atlántico) hasta los 50°S (Compagno 2001). Se le encuentra desde la superficie hasta al menos los 600m de profundidad; aunque es primariamente oceánico, ocasionalmente es encontrado cerca de la costa donde la plataforma continental es estrecha. No se le suele encontrar en aguas de por debajo de 13°C, aunque hay reportes de capturas en el Pacífico Sur en aguas de 10°C (Yatsu 1995). Estudios de rastreo de juveniles de 1.7-1.8 m LT en la Ensenada de California muestran que esta especie tiende a pasar el 90% de su tiempo en la capa mixta de agua (<15m), realizando pocas excursiones por encima de la termoclina (Holts and Bedford 1993).

Los limitados datos existentes del Pacífico muestran largos movimientos migratorios de más de 5,500kms, aunque la mayoría de los organismos marcados regresan a Nueva Zelanda y el sureste de Australia, restringiendo sus movimientos al suroeste del Pacífico (Davies Hartill 1998, Hartill 1999, Hartill y Davies 1999, Holdsworth y Saul 2003).

Alopias vulpinus

Esta especie se distribuye de manera circumglobal en los océanos Atlántico, Pacífico, Índico y Mediterráneo (Gruber y Compagno 1981, Compagno 1984, 2001). Se le encuentra en la zona epipelágica, en aguas templadas neríticas y oceánicas. Usualmente se le encuentra de 72-135km de la orilla (Strasburg 1958, Holts 1988, Litvinov 1990) en

mares templados y ocasionalmente tropicales sobre plataformas insulares y continentales, así como en pendientes oceánicas (Compagno 1984).

Los patrones de movimiento de esta especie han sido inferidos principalmente de patrones estacionales de pesca y algunos datos de marcaje (pers. comm.). Aparentemente, en el Este del Pacífico Norte, *A. vulpinus* emprende migraciones hacia aguas interiores y costero-norteñas durante la temporada cálida (Abril-Agosto) (Moreno et al. 1989, Bedford 1992). Smith y Aseltine-Nelson (2001) documentaron mediante marcaje por satélite pop-up el retorno de tiburón zorro hacia aguas más cálidas durante el invierno: dos ejemplares marcados en Junio 1999 en el sudeste de California fueron luego recapturados en aguas mexicanas en otoño e invierno, uno a 270 millas náuticas al Oeste de Bahía Magdalena, Baja California Sur y el otro a 510 millas náuticas al suroeste de Cabo San Lucas, Baja California Sur, aproximadamente a 172 millas náuticas al Oeste de la Isla Clarión. En el Este del Pacífico se han llevado a cabo pruebas de rastreo por períodos cortos de esta especie, revelando movimientos verticales en la columna de agua que durante el día que van de los 200-500m con temperaturas de los 6°C a los 11°C hacia aguas más templadas por encima de la termoclina durante la noche (50-130m, 15-26°C) (H. Nakano, comunicación personal).

Zonas de crianza

El concepto de “zonas de anidación” o “zonas de crianza” de tiburones fue introducido a inicios de los 1900 e históricamente ha sido definido como zonas en donde estos elasmobranquios nacen y residen mientras que se desarrollan hacia la madurez sexual; sin embargo, fueron Heupel et al. (2007) quienes establecieron tres criterios para definir a las mismas: 1) los juveniles son encontrados más comúnmente en estas zonas que en otras, 2) los tiburones tienen una tendencia a permanecer o regresar a esta zona por largos períodos de tiempo y 3) esa área o hábitat es usada de la misma manera durante varios años.

A la fecha, la mayoría de las zonas de crianza que se han estudiado han sido de especies costeras, por lo que estas áreas suelen localizarse en lagunas, bahías y estuarios (Clarke 1971, Gruber et al. 1988, Holland et al. 1993, Heupel y Simpfendorfer 2005). Sin embargo, hábitats más oceánicos, de aguas que bordean la plataforma continental también

pueden ser usados como zonas de crianza de otras especies de tiburones, (Hussey et al., 2009, Cartamil, 2010, Wegner 2007) como las pelágicas.

Nakano y Stevens (2008) mencionan que las zonas de crianza y crecimiento de *P. glauca* suelen estar localizadas en latitudes oceánicas intermedias que convergen con la alta disponibilidad de las presas durante primavera y verano. Carrera-Fernández et al. (2010) encontraron que la pesquería artesanal de la península de Baja California estaba compuesta principalmente por tiburones azules juveniles de 160 cm LT, lo cual coincide con lo reportado por autores como Miranda-Vázquez (1996) y Reyes-González (2001) quienes mencionan que el grueso de la captura se componía de organismos de entre 100 y 150 cm LT y 80-115cm LT respectivamente.

Vélez-Marín y Márquez-Farías (2009) sugieren que la zona del sur de la Bahía de California y que se extiende en un polígono oceánico hacia las Islas Marías y Revillagigedo es una zona de crianza para tiburón Mako, lo que concluyeron mediante el análisis de datos de observadores científicos a bordo de embarcaciones palangreras del Pacífico Mexicano.

Datos de observadores científicos de las pesquerías estadounidenses y mexicanas de red de enmalle, red de deriva y palangreras, así como datos de marcaje-recaptura y datos satelitales tipo pop-up sugieren que la Ensenada Sur de California (zona que comprende la costa del Estado de California, en EUA y el norte de Baja California, en México) es una zona de crianza de *A. vulpinus*. Compagno (2001) y Cartamil et al. (2010, 2016) mencionan que esta especie permanece durante sus primeras etapas de vida en las aguas costeras abiertas de la plataforma continental, puesto que dicho hábitat es más productivo y se encuentra alejado del hábitat de los organismos adultos, los cuales fungen como potenciales depredadores.

Ecología molecular y su aplicación en la conservación

La comprensión de la estructura genética poblacional de los tiburones pelágicos es crucial para el manejo y conservación de estas especies tan ampliamente distribuidas y vulnerables. Debido a su gran potencial de migración y amplios rangos de dispersión, pueden encontrarse stocks aislados de tiburones pelágicos dentro y entre las cuencas oceánicas (Heist 2008).

Herramientas de la biología de la conservación, como la filogeografía, permiten proponer políticas de conservación en unidades incluso por debajo del nivel de especie utilizando datos moleculares (Domínguez–Domínguez y Vázquez–Domínguez 2009). Shaklee y Bentzen (1998) mencionan que la caracterización de la heterogeneidad genética y el uso subsiguiente de esta información por los administradores pesqueros es fundamental para el éxito a largo plazo de la conservación y ordenación de los programas de pesca.

Pardini et. al. (2001) infirieron la presencia de filopatría natal femenina basados en niveles de divergencia genética mucho mas altos en marcadores de ADN mitocondrial heredados vía materna que en marcadores nucleares heredados vía biparental en *Carcharodon carcharias*. Keeney et al.. (2005) revisaron la estructura genética presente en varias zonas de crianza de tiburón de puntas negras (*Carcharhinus limbatus*) distribuidas en el Noroeste del Atlántico, Golfo de México y Mar Caribe, encontrando filopatría y diferencias genéticas entre las zonas de crianza estudiadas, razón por la cual señalan que la conservación de dichas zonas es crítica para el reclutamiento de esta especie.

Heist et. al (1996) encontraron a partir de patrones de RFLP de ADNmt que había una significativa heterogeneidad entre las frecuencias haplotípicas de *I. oxyrinchus* de muestras provenientes del Atlántico Norte contra las del Atlántico Sur y el Pacífico Norte y Sur, y sugirieron que el menor tamaño poblacional efectivo a largo plazo de los organismos de esta zona se debía a un evento histórico de cuello de botella; por su parte, Schrey y Heist (2003) encontraron poca pero estadísticamente significativa diferencia en la frecuencia de alelos entre los organismos de las diferentes localidades analizadas (algunas de ellas tomadas de Heist et al. (1996)). Las pequeñas magnitudes de los valores de F_{st} indican la presencia de intercambio genético entre poblaciones. Más recientemente Taguchi et. al. (2011), empleando un fragmento de la región control de ADNmt, corroboran la diferenciación en la estructura genética de los stocks del Norte del Atlántico y los grupos del Pacífico y encontraron una ruptura genética en el grupo del Océano Índico, sin llegar a definir por completo los límites de la misma.

A pesar de que *A. vulpinus* se encuentra catalogada en la Lista Roja de la IUCN como una especie vulnerable, se sabe muy poco sobre las relaciones genéticas entre las poblaciones de tiburón zorro (Trejo 2005). Aunque Eitner (1997) encontró heterogeneidad genética en

poblaciones de *A. vulpinus* de la costa Oeste del Pacífico utilizando un fragmento de la Región Control ADNmt, en un estudio realizado en la región Este del Norte del Pacífico no fue detectada una significativa subdivisión poblacional para dicha especie (Eitner 1999, Trejo 2005), lo cual sugiere que existe solo una unidad de manejo para esta especie a lo largo de la costa Oeste de Estados Unidos (Trejo 2005). Utilizando el marcador mitocondrial COI y siete loci de microsatélites, Cardeñosa et. al. (2014) encontraron dos Unidades Evolutivas Significativas (ESU, por sus siglas en inglés) de *A. pelagicus* en el Este del Pacífico, incluyendo muestras provenientes de México, EUA, Centro y Sudamérica.

Varios estudios se han llevado a cabo con la finalidad de evaluar la posible existencia de diferenciación genética poblacional en *P. glauca*, tanto en el pacífico (King et al.. 2015, Li et al.. 2016) como en el archipiélago indo-australiano (Ovenden et al.. 2009) y el Atlántico (Veríssimo et al.. 2017). Sin embargo, a la fecha no se ha encontrado suficiente evidencia de filopatría femenina que conduzca a una heterogeneidad genética significativa al menos a nivel de zonas de crianza.

Pesquería mundial de tiburón

Las capturas mundiales anuales del grupo de especies de condriictios (tiburones, rayas y quimeras) han rondado las 760,000 toneladas desde 2005, de este total aproximadamente el 37% corresponden a especies de tiburones, el 30% corresponden a rayas, el 1% a quimeras y el 32% a elasmobranquios sin identificar. Sin embargo, puesto que éste último grupo está conformado principalmente por tiburones propiamente dichos, puede estimarse que las capturas anuales recientes de estas especies ascienden a 520,000 toneladas (FAO 2014). Las estadísticas presentadas a la FAO sobre capturas de especies de tiburones se cuadruplicaron entre 1995 y 2013 y llegaron a abarcar 173 especies y 1.656 series de datos. Esto puede deberse a mejoras en las metodologías de captura de datos, así como en la identificación taxonómica de las distintas especies de tiburones por parte de los países que reportan su pesca a la FAO (FAO 2016).

Del año 2000 al 2009, los 10 países con mayor número de captura de tiburón fueron Indonesia, India, España, Taiwán, Argentina, México, EUA, Pakistán, Malasia y Japón

(Tabla 1) (FAO 2011). Para el año 2014, México pasó del 6° al 5° lugar mundial en captura de tiburón (Tabla 2) (FAO 2016).

Tabla 1. Ranking mundial de capturas de tiburón 2000-2009 (toneladas, peso vivo)

Ranking	PAIS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Promedio % Captura	
1	Indonesia	113.626	110.311	106.398	117.559	108.944	100.037	110.528	108.539	91.247	88.790	105.598	13,0
2	India	76.057	67.971	66.923	63.771	79.825	61.056	66.367	103.246	87.254	79.193	75.166	9,2
3	España	82.349	77.103	62.996	61.595	53.330	42.806	48.310	53.715	56.048	62.157	60.041	7,4
4	Prov. china de Taiwán	45.923	42.355	44.412	67.432	43.797	45.945	49.375	48.707	40.776	29.310	45.803	5,6
5	Argentina	25.750	31.784	26.251	31.691	32.038	37.161	40.325	44.343	46.461	39.952	35.576	4,4
6	México	35.260	32.718	30.888	34.429	37.540	35.832	34.976	35.080	29.503	30.305	33.653	4,1
7	Estados Unidos de América	30.935	22.072	24.076	35.372	30.732	29.793	32.004	34.287	36.906	37.069	31.325	3,9
8	Pakistán	51.170	49.863	49.904	33.248	30.687	22.877	20.127	16.284	16.335	13.019	30.351	3,7
9	Malasia	24.521	25.209	24.167	27.948	25.053	25.094	22.240	21.764	22.988	22.297	24.128	3,0
10	Japón	31.873	27.696	32.879	25.537	23.475	25.930	22.795	16.212	17.822	16.467	24.069	3,0
11	Francia	24.952	25.799	23.136	22.755	21.800	21.477	19.082	19.619	17.251	19.498	21.537	2,6
12	Tailandia	24.689	24.278	30.208	32.540	27.646	20.745	16.215	13.116	9.079	9.045	20.756	2,6
13	Brasil	21.585	20.408	21.737	20.849	20.046	23.753	18.392	17.239	19.657	21.009	20.468	2,5
14	Sri Lanka	34.380	29.400	32.753	32.838	26.559	7.610	7.700	4.248	4.410	4.861	18.476	2,3
15	Nueva Zelandia	17.718	19.796	21.238	18.459	16.647	18.032	16.783	17.409	15.965	16.745	17.879	2,2
16	Portugal	12.783	13.855	14.017	16.999	12.765	15.360	16.856	20.176	19.063	18.614	16.049	2,0
17	Nigeria	13.238	14.626	13.449	15.179	13.560	13.882	14.444	15.292	15.131	17.970	14.677	1,8
18	Irán (Rep. Islámica del)	12.155	11.635	10.619	15.963	18.318	17.443	15.015	13.187	11.678	13.342	13.936	1,7
19	Reino Unido	17.389	19.346	16.832	19.581	16.232	10.625	7.982	6.442	5.780	5.111	12.532	1,5
20	República de Corea	15.394	14.011	11.961	12.567	12.506	10.110	10.841	12.210	8.970	12.764	12.133	1,5
	20 PAISES	711.747	680.236	664.844	706.312	651.500	585.568	590.357	621.115	572.324	557.518	634.152	
	OTROS	177.500	182.787	200.534	193.867	190.543	188.405	163.969	170.440	156.701	163.645	178.839	22
	TOTAL	889.247	863.023	865.378	900.179	842.043	773.973	754.326	791.555	729.025	721.163	812.991	100

Tabla 2. Ranking de principales países productores de tiburón 2005-2014 (toneladas, peso vivo)

País	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL TON.
India	61,056	66,367	103,246	87,254	79,747	60,313	70,994	75,681	71,342	0	3,433,543
Prov. china de Taiwán	45,151	49,719	48,317	40,375	27,476	22,645	41,865	31,703	26,545	24,984	2,296,593
Indonesia	16,204	17,195	24,044	12,702	15,342	15,840	16,431	16,829	21,637	17,936	1,568,105
España	28,005	31,164	32,859	37,197	44,356	59,766	80,104	89,840	90,001	69,028	933,470
México	19,182	20,034	19,594	17,549	17,031	24,586	18,332	18,212	25,143	22,997	850,133
Estados Unidos de América	2,599	3,223	2,021	1,373	1,442	1,403	1,448	1,008	860	674	154,551
TOTAL CAPTURA TONELADAS	106,207	116,086	151,563	127,629	107,223	82,958	112,859	107,384	97,887	24,984	5,730,136

Además del aprovechamiento de la carne de tiburón para consumo humano, existe una amplia gama de productos que se obtienen de estos organismos: el cartílago de tiburón se utiliza en muchos preparados farmacéuticos y en polvo, cremas y cápsulas, al igual que otras partes del tiburón como los ovarios, el cerebro, la piel y el estómago; la piel se utiliza para la obtención de cuero y fabricación de productos como zapatos, bolsos, billeteras, cinturones y otros artículos y finalmente los dientes se utilizan en productos de artesanías (FAO 2016). Sin embargo, el valor desproporcionado de las aletas de tiburón en el

mercado oriental ha sido la fuerza económica que ha detonado la expansión de sus pesquerías a escala global (Clarke et al.. 2005).

Pesquería de tiburón de mediana altura en el Pacífico Mexicano

La pesquería de tiburón en el país se ha desarrollado por varias décadas y ha operado de acuerdo a la disponibilidad estacional y espacial del recurso en ambos litorales. A partir de la década de 1930 esta pesquería se hizo notable en los puertos de Mazatlán y Guaymas (Soria-Quiroz 1996). Sin embargo, fue hasta la década de 1970 cuando tuvo un auge, pasando de 5000 t a cerca de 30,000 t por año (Bonfil 1994). Se reconoce entonces como un recurso relativamente importante comprendiendo el 2.4 % de las capturas a nivel nacional (Medina-Bautista 2014). Debido a que en su mayoría los productos de tiburón son considerados de poco valor en las pesquerías comerciales marinas, no ha habido mucho interés en la obtención de la información de las capturas y del esfuerzo aplicados sobre este recurso (Castillo-Géniz et al.. 2008), lo cual ha dificultado los análisis de los stocks que sustentan esta pesquería.

En México la captura de tiburones proviene de diferentes unidades de la pesquería, como la flota artesanal, de mediana altura y de altura, en la que se utiliza el palangre de deriva; sin embargo, se han ocupado otros artes de pesca como redes de enmalle, redes de arrastre (Soria-Quiroz 1996). Estas pesquerías varían en dimensiones, autonomía y tecnificación (CONAPESCA-INP 2004). La pesca ribereña es ancestral (Applegate et al.. 1979), en tanto que el aprovechamiento sistemático de tiburones data del siglo XX (años 1940), conformándose las pesquerías como tales entre 1970 y 1990 (Castillo-Géniz 1992). A su vez el esfuerzo de las flotas artesanal y de mediana altura (que aportan el 40 % y 60 % del total de la captura respectivamente), se dirige hacia la captura de rayas y tiburones costeros, así como a pelágicos migratorios que generan altos volúmenes en los desembarques totales (Smith et al.. 2009). Las pesquerías artesanales capturan tiburones en las zonas costeras desde la línea de costa hasta los 40 km de distancia, incluyendo lagunas costeras, bahías y esteros. En algunas regiones como en el Golfo de Tehuantepec (Puerto Chiapas, Chiapas) las embarcaciones menores realizan viajes de pesca a zonas de alta mar a más de 50 km-80 km de la costa (Soriano-Velásquez et al.. 2006). Las flotas de mediana altura y altura realizan operaciones diferenciadas, la primera a partir de los 27

km-37 km mientras que la segunda después de los 92 km desde la línea base del mar territorial al resto de la ZEE y posiblemente más allá de los límites de ésta, a más de 370 km (Castillo-Géniz et al.. 2008).

Las embarcaciones de la flota palangrera de mediana altura que tiene como uno de sus recursos objetivo al tiburón, se caracterizan por presentar una eslora de 10 hasta 27 m en promedio, una cubierta, caseta y motor estacionario de 165 a 360 HP, enfriamiento a base de hielo o refrigeración mecánica. Cuentan con equipo electrónico de navegación (radios, GPS, brújula, etc.) y capacidad de bodegas (38 a 60 t) que les brinda una autonomía de una a tres semanas (Castillo-Géniz et al.. 2008). La tripulación consta de 5-10 personas (DOF 2007, Castillo-Géniz et al.. 2008, CONAPESCA-INP 2004).

El principal arte de pesca es el palangre de deriva (Figura 5), de carácter pasivo, el cual está conformado por una línea madre (la más larga del sistema de pesca) de material monofilamento (de diámetro variable) de longitud entre los 26 y los 60 km, de la cual penden los reinales (líneas secundarias) de entre 11-20 m de longitud (Murillo y Pacheco 2007), todos presentan la misma longitud, y la distancia entre estos es de aproximadamente el triple de su longitud unitaria; en el extremo libre cada reinal lleva un anzuelo del tipo “águila” o “recto”, en el cual se ensarta la carnada, para un total de 1000-1200 anzuelos por palangre. En los extremos de la línea madre se coloca un grampín, conectado al orinque que a su vez sujeta la radio-boya en la superficie para localización del equipo. Este arte de pesca puede ser operado de forma manual o con medios mecánicos (DOF 2007, Castillo-Géniz et al.. 2008). El palangre opera a la deriva, durante un periodo que determina el capitán de la embarcación, pero en promedio es de unas 12 horas, y la profundidad de trabajo del anzuelo está dada por la especie objetivo y las condiciones ambientales (Medina-Bautista 2014).

Históricamente las principales zonas de pesca de tiburones son el noroeste del Pacífico mexicano, incluyendo la zona centro (la entrada o región sur del Golfo de California), y el Golfo de Tehuantepec (Castillo-Géniz 1992). En la Figura 6 se observa el número de permisos de pesca por entidad del litoral del Pacífico mexicano.

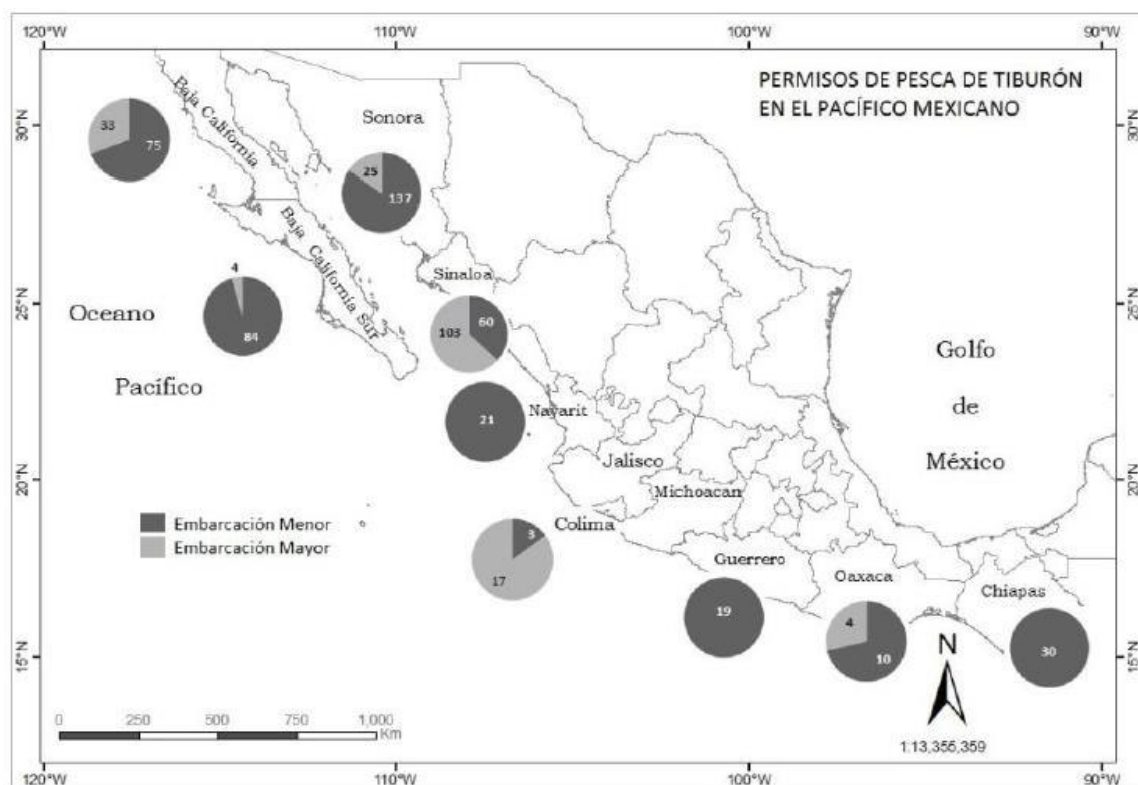


Figura 6. Distribución geográfica de los permisos de pesca comercial de tiburones vigentes en 2012 para embarcaciones menores y mayores del litoral del Pacífico Mexicano (Tomado de Medina-Bautista 2014).

Medina-Bautista (2014) evaluó la dinámica estacional de la flota de mediana altura operante en el Pacífico Mexicano durante 2007, registrando un mayor número de viajes y de lances durante primavera (33 y 458, respectivamente) (Tabla 3 y 4). Así mismo observó que las embarcaciones recurren a dos estrategias para determinar sus rutas de pesca: la primera es que, realizan recorridos a zonas específicas o trocaderos (donde se ubica el recurso en abundancia) y alrededores donde realizan la totalidad del esfuerzo (lances). La segunda estrategia, es que las embarcaciones presentan recorridos sin alguna ruta determinada, recorridos tanto amplios como o cortos, desplegando el esfuerzo de forma azarosa. En ambos casos se está sujeto a la experiencia y/o decisión final del capitán. Para

ambos tipos de recorridos, los viajes y los lances se llevan a cabo en las zonas costera y oceánica.

Tabla 3. Características generales de la flota tiburonera de mediana altura del Pacífico Mexicano para 2007. (Tomado de Medina-Bautista 2014).

Puertos	Embarcaciones	Viajes (núm.)	Autonomía (días)	Eslora (m)	Longitud palangre (km)	Anzuelos (x1000)
Mazatlán	20	36	24	20	20-40	17
Ensenada	12	27	15	19	10-35	25
San Carlos	5	8	16	22	20-40	8
Total	37	71				50
Promedio			18.35	20.45	26.7	

Tabla 4. Actividad por temporada de la flota tiburonera de mediana altura del Pacífico Mexicano. (Modificado de Medina-Bautista 2014).

	2007				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Total
Viajes	32	42	24	2	71
Lances	28	47	23	2	976

Leyes de ordenamiento pesquero y protección de tiburones en México

Considerando el incremento en las capturas mundiales de tiburones y su posible impacto negativo en sus poblaciones, el Comité de Pesca de la FAO (1997) propuso organizar una consulta de expertos con el objetivo de desarrollar Guías Generales, con el fin de mejorar la conservación y el manejo pesquero de los tiburones (Castillo-Géniz et al., 2008). El Plan de Acción Internacional para la Conservación y Manejo de los Tiburones (IPOA-SHARKS por sus siglas en inglés) fue gestado durante la reunión del Grupo de Trabajo Técnico sobre Conservación y Manejo de Tiburones en Tokio, Japón (23 al 27 de abril de 1998) y aprobado por la FAO, el 30 de octubre de 1998. La aplicación y desarrollo de este Plan de

Acción es de índole voluntaria para los países miembros de la FAO (Castillo-Géniz et al., 2008).

En México, organismos gubernamentales como la SAGARPA a través de la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (CONAPESCA) así como el Instituto Nacional de la Pesca (INAPESCA) han generado reglamentaciones que ayuden a conservar los recursos pesqueros del país mediante la explotación sustentable de las poblaciones de elasmobranquios (CITES 2011).

Las principales disposiciones para regular la pesquería de tiburones y especies a fines en México están contenidas en los siguientes instrumentos legales y de manejo:

- Ley General de Acuicultura y Pesca Sustentables.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Carta Nacional Pesquera.
- Plan de Acción Nacional para la Conservación y Ordenación de los Tiburones.
- Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento.
- Acuerdo de veda de tiburón en el Pacífico Mexicano y el Golfo de México (DOF 2012)

En México, el Plan de Acción Nacional para la Conservación y Ordenación de los Tiburones data de fines del 2003 (CONAPESCA-INP 2004). El objetivo de este plan es asegurar la ordenación, el aprovechamiento sostenible y conservación a largo plazo de estos organismos en aguas de jurisdicción federal, contando con la participación pública y privada. Se espera que este plan sea un elemento guía para definir acciones específicas para la conservación de estos recursos marinos (Medina-Bautista 2014). En este Plan se enlistan las especies de elasmobranquios identificadas para aguas mexicanas coincidiendo en general con lo señalado por Applegate et al., (1979) y Castro y Espinosa (2004), reconociéndose alrededor de 104 especies, de las cuales cerca de 40 son capturadas con fines comerciales, las cuales pertenecen a las familias Alopiidae, Carcharhinidae, Squatinidae, Sphyrnidae y Triakidae (Applegate et al., 1979, Castillo 1992). Esta importante diversidad de tiburones ha permitido el desarrollo de pesquerías artesanales e

industriales desde finales del siglo XIX, aunque existen evidencias arqueológicas de que los Olmecas y Aztecas ya los utilizaban como fuente de alimento (Applegate et al.. 1979).

La Norma Oficial Mexicana para la pesca de Tiburones, Rayas y Especies Afines en territorio mexicano, NOM-029-PESC-2006 (DOF 2007) tiene el objetivo de inducir un aprovechamiento sostenible de los tiburones y rayas, así como contribuir a la conservación y protección de elasmobranquios y otras especies que son capturadas incidentalmente por otras pesquerías. Para el cumplimiento de los objetivos, ambos instrumentos de administración demandan acciones concertadas entre los sectores pesquero, de investigación científica, de regulación y otros actores, que promuevan un incremento sustancial en materia de investigación científica, acciones de gobierno para el desarrollo de regulaciones acordes con el ambiente, el desarrollo económico y social, la capacitación del sector pesquero en métodos de pesca eficientes y acordes con los criterios de sustentabilidad, que finalmente soporten los procesos de mejora continua rumbo a una pesca sustentable (Medina-Bautista 2014).

Entre las acciones para lograr las metas propuestas en el PANMCT y la NOM-029-PESC-2006, se prioriza la generación de información de calidad para sustentar los trabajos de investigación científica relacionada con la evaluación de las poblaciones que constituyen el recurso tiburón del Pacífico mexicano en cuyo contexto existe una base de datos proveniente del Subprograma de Observadores a Bordo del Programa Tiburón del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA). Esta base de datos se considera una importante fuente directa para captar información de la pesca de las especies no objetivo y para la investigación científica (FIDEMAR 2007). Entre las diferentes fuentes de información, este Subprograma de observadores, ha demostrado su eficacia en obtener y proporcionar información de alta calidad, tal y como otros programas a nivel mundial (Hilborn 1985, Branch et al.. 2006). Asimismo, es una fuente altamente confiable para evaluar el comportamiento pesquero en un viaje de pesca. En general, los programas de observadores han probado su superioridad en comparación con otras fuentes directas, dado que se obtiene mayor cantidad y calidad de información por unidad de costo (FIDEMAR 2001, Oostenburgge et al.. 2001).

Análisis de Riesgo Ecológico

Los tiburones poseen estrategia de vida tipo K, debido a su crecimiento lento, fecundidad baja y maduración tardía, requiriendo por tanto un manejo cuidadoso que evite su sobrepesca (Stevens 1999). Sin embargo, a pesar de su baja productividad biológica, son un grupo heterogéneo con distinta capacidad de recuperación (Smith et al.. 1998, Walker 2005). El potencial de algunas especies para soportar capturas razonables ha sido reconocido, aunque para lograr su uso sustentable se requiere información pesquera y biológica de las poblaciones, que permita ajustar las capturas (dirigida y/o incidental) a niveles adecuados (Walker 1998).

La Evaluación de Riesgo Ecológico por Efectos de la Pesca (ERAEF por sus siglas en inglés) (Stobutzki et al.. 2002, Walker 2005, Hobday et al.. 2011) es un método jerárquico que permite evaluar de manera rápida, la vulnerabilidad relativa de una población a esta actividad en casos de insuficiencia de información pesquera o biológica, utilizando la mejor información disponible y un enfoque precautorio (FAO 1996) en casos de incertidumbre en la información (Furlong-Estrada et al.. 2014). El segundo nivel de evaluación del ERAEF, el Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS) utiliza un método semi-cuantitativo que permite determinar qué especies requieren atención prioritaria cuando, debido a sus historias de vida, es necesario aplicar medidas de manejo precautorias, antes de que pueda reunirse suficiente información como para hacer una evaluación cuantitativa, siendo el caso de muchas poblaciones de tiburones alrededor del mundo (Walker 2005). El APS ha sido realizado con éxito para distintas especies de elasmobranquios y pesquerías alrededor del mundo (Stobutzki et al.. 2002, Walker 2005, Cortés et al.. 2010); así como en México, para evaluar la vulnerabilidad y el riesgo ecológico de los tiburones capturados por la pesca artesanal en la entrada del Golfo de California (GDC) (Furlong- Estrada et al.. 2014) y el riesgo ecológico por efectos de las pesquerías de tiburón para las especies incluidas en el Apéndice II de la CITES (Tovar-Ávila et al.. 2016).

ÁREA DE ESTUDIO

La Zona Económica Exclusiva (ZEE) y mar territorial de México perteneciente al Océano Pacífico abarca una superficie de 2,320,380 km² (INEGI 2003), está comprendido entre los paralelos 12° y 33° N (extremo sur y norte, respectivamente), y entre los meridianos 90° y 122° O (Fischer et al.. 1995). Este litoral se encuentra dentro del área conocida como Océano Pacífico Centro-Oriental (OPCO), donde se han definido tres áreas: la Costa Occidental de Baja California, el Golfo de California y, el Pacífico tropical mexicano (De la Lanza-Espino 1991).

El Pacífico Mexicano se extiende desde la entrada del Golfo de California (isoterma de 25°C) hasta la frontera sur de México (Trasviña et al.. 2004) y se divide en tres regiones oceánicas (Pacífico Norte, Mar de Cortés y Pacífico Sur), tres provincias marinas (Baja California Pacífico, golfo de California y Región Panámica del Océano Pacífico) y cinco ecorregiones marinas (Pacífico centroamericano, Pacífico transicional mexicano, Golfo de California, Pacífico sudcaliforniano y Pacífico transicional de Monterey) (Fig. 7 a, b y c) (Lara-Lara et al.. 2008). Este litoral caracteriza por la convergencia de dos sistemas de corrientes (Badan-Dangon 1998): la Corriente costera de Costa Rica (CCRC) y la Corriente

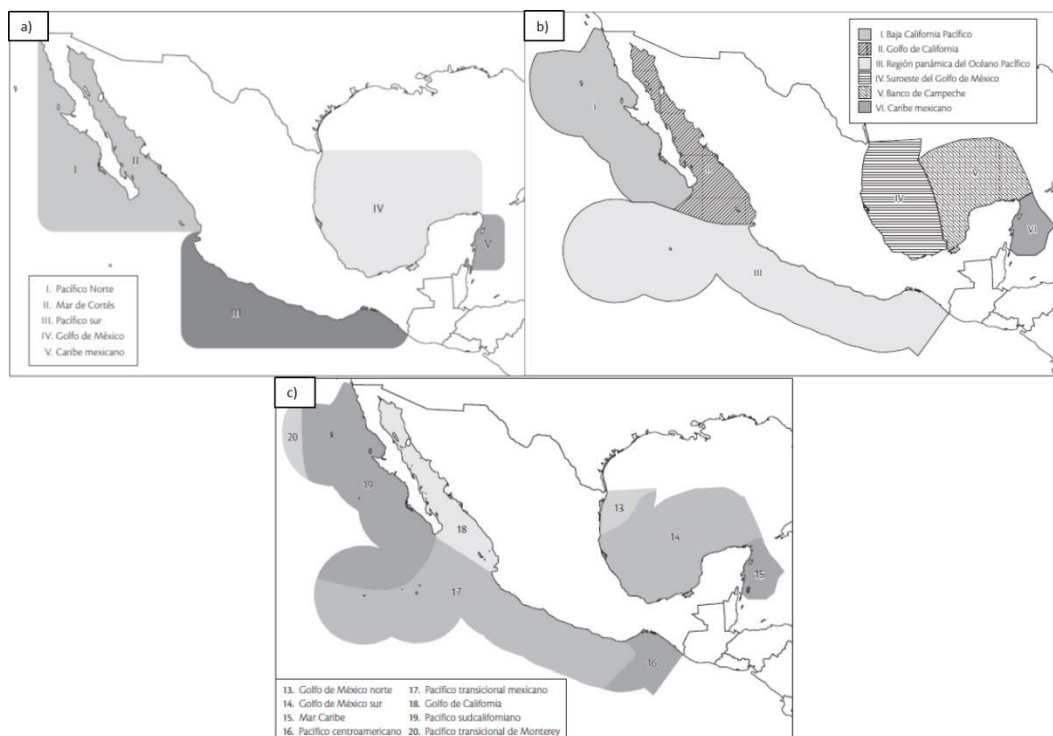


Figura 7. Regiones oceánicas (a), provincias marinas (b) y ecorregiones marinas nivel I (c) de México. (Tomado de Lara-Lara et al.. 2008)

de California (CC), que al unirse forman parte de la Corriente Norecuatorial (NEC) (Badan 1997). En el límite norte, las aguas subárticas de la CC y las ecuatoriales de alta salinidad del Golfo de California se encuentran con las aguas tropicales que provienen del sur. Hacia el ecuador, la frontera del Pacífico Mexicano es geográfica y limita con los mares centroamericanos, donde la contracorriente Ecuatorial alcanza estacionalmente la costa, cubriendo la superficie con aguas de alta salinidad y pobres en nutrientes (Trasviña et al. 2004). En abril la CC presenta un límite al sur hasta los 18° N, mientras que para octubre llega a la altura de Bahía Magdalena, Baja California Sur (24° N), aportando una gran cantidad de aguas frías del norte. En contraste la Contra-corriente Nor-ecuatorial (NECC), aporta aguas cálidas. Esta dinámica hace de esta región una zona de transición entre las zonas tropical y templada, ocasionando una mayor diversidad y abundancia de especies (Fig. 8) (Fischer et al. 1995, Bonfil et al. 1990, Romeu 1995).

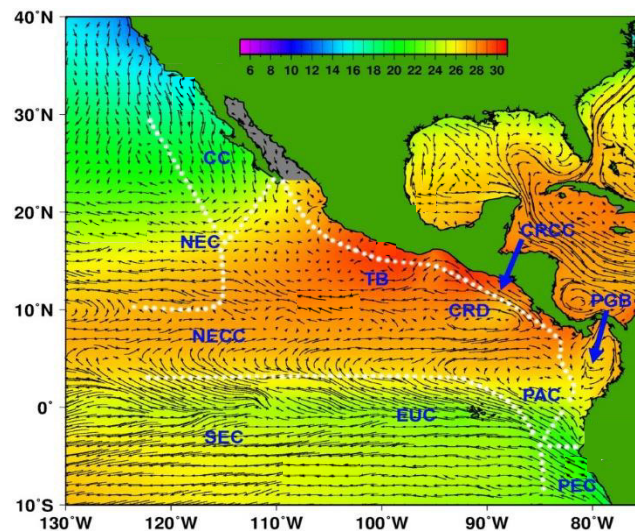


Figura 8. Sistemas de corrientes superficiales del Pacífico Oriental Tropical: Corriente de California (CC), Corriente Nor-ecuatorial (NEC), Contra-corriente Nor-ecuatorial (NECC), Contra-corriente Sur-ecuatorial (SEC), Corriente Submarina Ecuatorial (EUC), Corriente Peruana (PEC), Corriente de Panamá (PAC), Corriente Costera de Costa Rica (CRCC), Giro de la Ensenada de Panamá (PBG), Domo de Costa Rica (CRD), Cuenco de Tehuantepec (TB) (Modificado de STRI 2015.)

En general, los mares mexicanos son oligotróficos desde el punto de vista de su productividad de fitoplancton, presentando concentraciones de clorofila $\leq 0.2 \text{ mg m}^{-3}$. Sin embargo, se identifican dos zonas mesotróficas en el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec cuya productividad es de $0.5 - 1.0 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig.9) (CONAPESCA 2010)

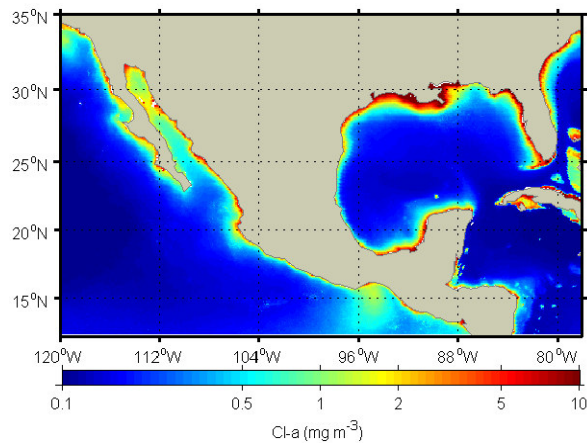


Figura 9. Promedio anual de la productividad biológica (medido en mg de clorofila por m-3) de los mares mexicanos. (Tomado de CONAPESCA 2010).

De enero de 1985 a diciembre de 2009, el Océano Pacífico frente a la costa de Baja California presentó un promedio de temperatura superficial del mar (TSM) de 20 a 15°C que fue disminuyendo conforme aumentó la latitud. El Golfo de California presentó valores promedios de 25°C en la entrada, disminuyendo a 22°C en la parte alta. En la región del sur del Pacífico Mexicano (20°N) se presentó una región con los mayores valores promedio de TSM (30°C), zona conocida como “alberca cálida”, en la cual se observó un núcleo con un mínimo relativo (28°C) en la región de influencia del Golfo de Tehuantepec (Fig. 10) (CONAPESCA 2010).

La termoclina del Pacífico Oriental Tropical, al cual pertenece el Pacífico Mexicano, fue descrita por Cromwell (1958) quien, en resumen, menciona que esta zona se caracteriza por una elevación de la termoclina hacia la costa. En la regiones costeras del Domo de Costa Rica (CRD), al igual que en el golfo de Tehuantepec, la profundidad de la termoclina presenta valores mínimos (10 m), principalmente durante el invierno (Trasviña et al., 2004).

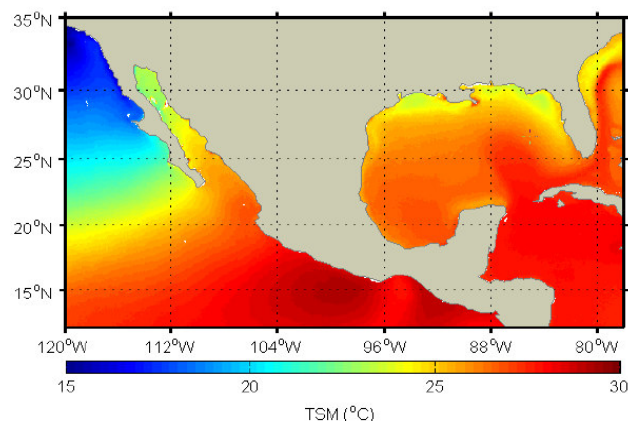


Figura 10. Temperatura Superficial del Mar (TSM) de los mares mexicanos, promedio de 1985-2009. (Tomado de CONAPESCA 2010).

en ocasiones se ven alterados por eventos de calentamiento como El Niño, o de enfriamiento, como La Niña (Fig. 11 a-f). Las interacciones del Pacífico Mexicano con el Pacífico ecuatorial del este, donde la señal de El Niño es máxima, resulta en cambios en la estructura y dinámica de los mares mexicanos, que alteran el clima y las actividades pesqueras regionales (Trasviña et al.. 2004). Durante 1997, año típico donde se presentó El Niño, se observaron aumentos pronunciados en la TSM durante los meses de junio a septiembre en el Golfo de California y en la zona entre Cabo Corrientes y el Golfo de Tehuantepec, donde la misma alcanzó valores mayores a los 30°C, y de 18-26°C frente a las costas de Baja California (CONAPESCA 2010).

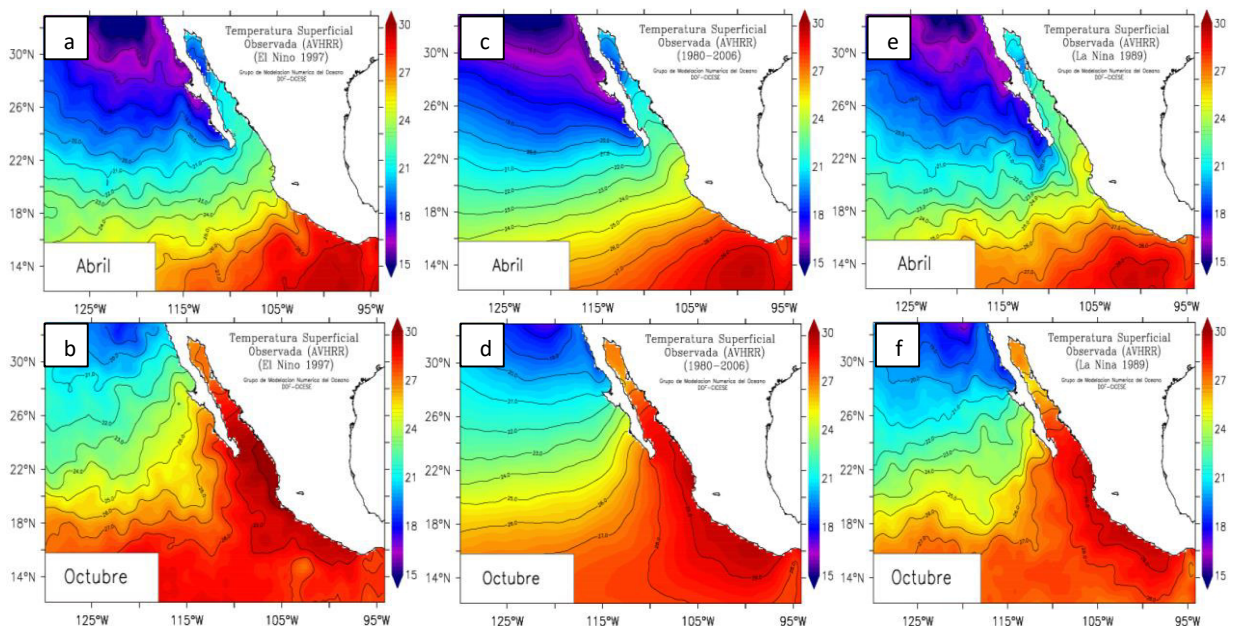


Figura 11. Variabilidad interanual en el Pacífico Mexicano: condiciones de El Niño en Abril (a) y Octubre (b) de 1997, condiciones promedio de Abril (c) y Octubre (d) de 1980-2006 y condiciones de la Niña en Abril (e) y Octubre (f) de 1989.

HIPÓTESIS

La vinculación entre los análisis de tipo ecológico-pesquero y los moleculares en las poblaciones de tiburón con distribución en el Pacífico Mexicano mostrarán un panorama de mayor integridad en el manejo y ordenamiento pesquero del recurso, e impulsarán un mejor aprovechamiento, optimización y conservación del mismo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los parámetros bio-ecológicos y pesqueros de tres especies de tiburón de importancia comercial del Pacífico Mexicano durante el período 2006-2013 con base en la estructura poblacional, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), los factores ambientales de influencia en la pesquería y genéticos de importancia en la conservación de las poblaciones, integrando estos parámetros en un Análisis de Riesgo Ecológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la estructura poblacional de tres especies de tiburón de importancia pesquera en el Pacífico mexicano con base en la definición por sexo y madurez sexual por capturas totales, anuales y estacionales.
- Obtener parámetros estratégicos basados en análisis moleculares de tres especies de tiburón con importancia pesquera en el Pacífico Mexicano, con el propósito de obtener nuevas herramientas que beneficien el manejo pesquero del recurso en cuestión.
- Analizar la variación de los volúmenes de la producción pesquera de los stocks de las tres especies de estudio, durante el período 2006-2013 con el fin de establecer la captura por unidad de esfuerzo (CPUE).
- Determinar las variables ambientales de influencia en las variaciones reproductivas, de crecimiento, así como las fluctuaciones en la abundancia espacial y temporal de las especies de tiburones de mayor importancia comercial.
- Evaluar la integración de conceptos y resultados de análisis moleculares en esquemas de manejo, conservación y ordenamiento de la pesquería, mediante un Análisis de Riesgo Ecológico (Análisis de productividad y susceptibilidad).

CAPÍTULO 1. ANÁLISIS PESQUEROS

Resumen

México se encuentra dentro de los 10 países más importantes en la captura de tiburón a nivel mundial y en este sentido, el Pacífico Mexicano es el más productivo de todos sus litorales. La publicación del Plan de Acción Internacional para la Conservación y Ordenación de los Tiburones por parte de la FAO en 1998, sentó las bases para la regulación de esta pesquería, dando como resultado la publicación del Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en 2004 así como la NOM-029-PES-2006 para la pesca responsable de tiburones y rayas. Al ser organismos de estrategias reproductivas K (longevos, con baja fecundidad, madurez sexual tardía y estrecha relación stock-reclutamiento), los tiburones reaccionan lentamente ante las políticas de manejo pesquero para su conservación. Es por esto que se tienen como objetivos: caracterizar la estructura poblacional de tres especies de tiburón de importancia pesquera en el Pacífico mexicano por sexo y madurez sexual en capturas totales, anuales y estacionales; así como analizar la variación de los volúmenes de la producción pesquera que han alcanzado los stocks durante el período 2006-2013 con el fin de establecer la captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Se analizó una base de datos proveniente las bitácoras de observadores a bordo de las embarcaciones de mediana altura cuya pesca objetivo era el tiburón con información de 413 viajes o cruceros de pesca llevados a cabo entre 2006 y 2013. De un total de 95,388 datos, 88,537 corresponden a *P. glauca*, 5,817 a *I. oxyrinchus* y 1,034 a *A. vulpinus*. A partir del cálculo de la CPUE se concluye que *P. glauca* e *I. oxyrinchus* se encuentran en recuperación después de un período de explotación intensa, mientras que harán falta más análisis para corroborar si *A. vulpinus* se encuentra o no subexplotado por la pesquería de mediana altura como lo señalan nuestros resultados. El Pacífico Mexicano es una importante zona para la congregación de machos adultos de *P. glauca* y para el desarrollo de *I. oxyrinchus* hacia la madurez sexual. Al margen de señalar la importancia de que las CPUE sean estandarizadas y de que es necesaria más información biológico-pesquera que ayude a robustecer los conocimientos actuales de estas tres especies, este estudio permite identificar el impacto positivo que han tenido las

políticas de ordenamiento y manejo para la conservación y pesca sostenible del recurso tiburón en el Pacífico Mexicano.

Introducción

El concepto de “stock” es fundamental tanto para las pesquerías como para el manejo de especies amenazadas (Waldman y Begg 1999). Este término tiene diferentes significados dependiendo del enfoque con el que se aborde, siendo los más comunes el “genético” y “operacional”. El primero define “stock” como una unidad reproductivamente aislada, la cual es genéticamente diferente de otros stocks. La segunda responde a una definición más reciente que establece que “stock” es un grupo semi-discreto de peces que comparten algunos atributos característicos que son de interés para la administración pesquera (Begg et al. 1996). La definición operacional sugiere que la estructura poblacional de una especie dada, es compleja y dinámica, donde intervienen no sólo factores genéticos, sino también ambientales y donde es posible apreciar también qué parámetros claves para la sustentabilidad del recurso como crecimiento, fecundidad y mortalidad aparecen homogéneos (Gauldie 1988). Según la FAO (2015) un “stock” es un grupo de individuos de una especie ocupando un rango espacial bien definido independiente de otros stocks de la misma especie. Puede ser afectado por movimientos aleatorios de dispersión y migraciones dirigidas debido a la actividad estacional o reproductiva.

La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) es la cantidad de capturas que se logran por unidad de arte de pesca. La CPUE normalmente se utiliza como índice de abundancia, es decir, se espera que una variación proporcional en la CPUE represente la misma variación proporcional en la abundancia; sin embargo, al existir factores externos (ambientales, económicos, políticos, de distribución etc) que afectan a la CPUE y que no precisamente reflejan un cambio en la abundancia, ésta suele “normalizarse” mediante distintos modelos estadísticos (FAO 2001). A pesar de que la captura por unidad de esfuerzo raramente será exactamente proporcional a la densidad de la población, con frecuencia es esencial tener alguna medida de la población, y la captura por unidad de esfuerzo será casi siempre la mejor medida disponible (FAO 1971).

En este capítulo se evaluará la composición del stock de tres especies de tiburón de importancia pesquera en el Pacífico Mexicano (*Prionace glauca*, *Isurus oxyrinchus* y *Alopias vulpinus*) durante 2006-2013, identificando la abundancia total por número de organismos del stock durante el período de estudio, su abundancia anual, abundancia

estacional, la proporción de machos vs. hembras, la proporción de los organismos por estadio y, finalmente, la CPUE nominal. Ésta última fue evaluada considerando tres unidades de esfuerzo distintas: el número de cruceros que operó en el área de estudio durante los años 2006-2013, el número de lances y el número de anzuelos que operaron. Todo esto con el objetivo de caracterizar el stock de cada una de las especies, evaluar su estatus y poder llevar a cabo comparaciones temporales históricas y/o futuras, lo que permitirá discernir el efecto que han tenido las políticas de manejo, conservación y pesca sustentable que se han aplicado en el país así como la resiliencia de las especies a la presión pesquera ejercida durante el período de estudio.

Material y métodos

Base de datos

El Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD) proporcionó para la elaboración de este trabajo de tesis una base de datos proveniente de las bitácoras de los observadores científicos a bordo de los barcos de pesca comercial con permiso para captura de tiburón en el Pacífico Mexicano. En estas bitácoras se recaba de manera sistemática información general, técnica y biológica de cada viaje de pesca que realiza una embarcación. Dicha base de datos fue depurada y corregida por expertos en la materia, previo a su utilización. La información que el PNAAPD proporcionó para este estudio comprende ocho años de datos biológicos (2006-2013) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano: *Alopias vulpinus*, *Isurus oxyrinchus* y *Prionace glauca*.

A continuación, se describen los formatos o bitácoras en los cuales se concentra la información obtenida por los observadores (ver Anexo I):

Informe de barco.- En este formato se anotan las características de la embarcación (nombre del barco, número del viaje o crucero, nombre del capitán, fecha y puerto de salida, fecha y puerto de llegada), las artes de pesca (longitud de la línea madre, del orinque y del reinal, diámetro de la línea madre, tipo de palangre, tipo de carnada y diámetro del carrete principal), el equipo del barco (cobralíneas, ecosonda, video-sonda, sonar, radio-goniómetro, número de ganchos, número de arpones, radio-boyas, número de banderines, número de boyas luminosas, equipo extra, equipo experimental), y el diagrama del palangre.

Informe diario.- En este formato se registran los sucesos relacionados con las actividades del barco (calado, deriva, avería, navegación, cobrado, etc.), rumbo, posición geográfica por suceso, velocidad del barco, variables ambientales, temperatura del agua, nubosidad, oleaje (índice de Beaufort) y visibilidad.

Informe de capturas (formato biológico).- Este es un formato de muestreo técnico-científico donde se registra el número de organismos capturados, el peso estimado de los mismos y el peso estimado total de cada especie por lance y por viaje de

pesca, así como el destino de cada ejemplar (en bodega, liberados vivos o descartados muertos).

Hoja de muestro (formato biológico).- En este formato de muestreo se proporciona la especie (nombre científico y/o nombre común) de cada organismo capturado, su peso estimado, la talla en longitud furcal (LF) y longitud total (LT), el sexo y su grado de madurez sexual estimado a partir de características morfológicas (por ejemplo la cicatriz umbilical en neonatos, el grado de calcificación de los mixopterigios en los machos y la LT en las hembras). Así mismo se toma nota del número de anzuelos calados en ese lance, su posición geográfica y la fecha de inicio y termino del cobrado.

Los parámetros proporcionados en la base de datos así como la descripción de cada uno, se observan en la Tabla 5.

Análisis de estructura poblacional por captura total, anual y estacional.

De la base de datos proporcionada se obtuvo el número total de cruceros y el número de lances realizados durante los años 2006 al 2013. Obtuvimos la captura total de nuestras tres especies de interés. Además, revisamos la pesca total por especie para los 8 años de estudio, así como la pesca anual y trimestral (estacional).

Tabla 5. Parámetros proporcionados en la base de datos por el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD).

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Número de crucero	Número de viaje que realiza una embarcación
Año	Año en que se llevó a cabo el viaje de pesca
Lance	Número de veces que se ha puesto en operación el arte de pesca (red o palangre)
Especie	Especie que fue capturada
Tipo de malla	Tipo y número de abertura de malla de pesca
Longitud total	Medida morfométrica que va desde el morro hasta el lóbulo superior de la aleta caudal del tiburón.
Longitud furcal	Medida morfométrica que va desde el morro hasta la furca del lóbulo superior con el inferior de la aleta caudal del tiburón.
Sexo	Sexo del organismo capturado
Peso	Peso estimado del organismo capturado
Madurez	Madurez sexual estimada con base en características morfológicas
Latitud G, M, S	Coordenadas geográficas en grados, minutos y segundos donde la embarcación se detuvo para levantar el palangre y retirar la captura
Longitud G, M, S	
Velocidad	Velocidad que llevaba la embarcación antes de detenerse para colocar o retirar el arte de pesca
Temperatura	Temperatura Superficial del Mar (TSM) al momento de retirar el arte de pesca.
Nubosidad	Nubosidad al momento de retirar el arte de pesca.
Beaufort	Índice de Beaufort al momento de retirar el arte de pesca.
Visibilidad	Visibilidad del mar al momento de retirar el arte de pesca.
Anzuelos	Número de anzuelos que llevaba el palangre
Red	La captura fue realizada o no con red.
Profundidad	Profundidad que alcanzó el arte de pesca (red o palangre)
Mes	Mes en el que se llevó a cabo el viaje de pesca

De manera trimestral, anual y total, se determinó el número de organismos capturados por sexo y por madurez sexual para las especies *P. glauca*, *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus*. Puesto que los observadores no llevan a cabo disecciones para observar las gónadas y de esta manera determinar de manera fidedigna el estadio sexual de los organismos capturados, la madurez sexual es estimada con base en las características morfológicas presentadas en la Tabla 6.

Tabla 6. Determinación del estadio sexual mediante caracteres morfológicos

ESTADÍO SEXUAL ESTIMADO	PARÁMETRO MORFOLÓGICO DE DETERMINACIÓN
I.- Neonato	Cicatriz umbilical muy marcada o aún abierta.
II.- Juvenil	Cicatriz umbilical poco visible
III.- Pre-adulto	Sin cicatriz umbilical visible, machos con calcificación y rotación incompleta de mixopterigios.
IV.- Adulto	Mixopterigios completamente calcificados y rotando en 360° en machos; hembras con longitud total igual o mayor a la Longitud de primera madurez reportada en la literatura para la especie dada.
V.- Preñada	Hembra con notorio abultamiento abdominal y/o abortando
VI.- Post-parto	

La proporción total, anual y trimestral de sexos de cada especie fue analizada estadísticamente mediante una prueba de homogeneidad de chi-cuadrada para comprobar la igualdad de proporciones en sexo. Este análisis se llevó a cabo en el programa SPSS Statistics v.17

Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) relativa.

La Captura por Unidad de Esfuerzo fue calculada en abundancia (número de organismos) y en biomasa (kilogramos), divididos entre el esfuerzo real de pesca, expresado por cada 100 anzuelos, por lance (se entiende por lance cada una de las maniobras de tender y recuperar el palangre) y por crucero.

Resultados

Base de datos

La base de datos que recibimos por parte de PNAAPD contenía un total de 95,454 datos, de los cuales 95,388 correspondían a nuestras especies de estudio: *Prionace glauca*, *Isurus oxyrinchus* y *Alopias vulpinus* (Tabla 7). Este conjunto de información fue obtenido de un total de 413 cruceros (viajes de pesca) durante los cuales se realizaron 6,136 lances. El año que proporcionó más información fue el 2007, durante el cual se tienen registro de 112 cruceros y 1,518 lances; por otro lado, el año del cual se obtuvo menos información fue el 2012 puesto que sólo se tiene registro de 6 viajes de pesca y un total de 113 lances (Tabla 8).

Tabla 7. Número total de organismos capturados durante el período 2006-2013.

CAPTURA TOTAL	95,454
CAPTURA DE ESPECIES DE INTERÉS	95,388
Hembras	29,809
Machos	65,205
Sin determinar	374

Tabla 8. Número total de cruceros, lances y anzuelos analizados durante el período 2006-2013.

AÑO	NO. DE CRUCEROS	NO. DE LANCES	NO. DE ANZUELOS
2006	44	575	23,314
2007	112	1518	78,175
2008	88	1309	52,437
2009	44	652	34,576
2010	58	1021	50,922
2011	36	548	28,405
2012	6	113	6,504
2013	24	400	25,514
TOTAL	413	6,136	299,847

Análisis de estructura poblacional por captura total, anual y estacional.

De los 95,388 datos mencionados anteriormente, 88,537 corresponden a *P. glauca*, 5,817 a *I. oxyrinchus* y 1,034 a *A. vulpinus* (Gráfica 1). Durante el período de estudio, la captura

promedio anual estuvo conformada en un 92.8% (11,067 organismos) por *P. glauca*, el 6.1% (727 organismos) por *I. oxyrinchus* y el 1.1% (129 organismos) por *A. vulpinus*. El año en el cual hubo más captura fue el 2007, con un total de 21,266 organismos capturados (92.5% azul, 6.9% mako y 0.6% zorro). Por otro lado, el año en el cual se registraron menos lances positivos fue durante 2012, pues el total de organismos capturados fue de 3,879 (92.8% azul, 7.1% mako y 0.1% zorro). En promedio el trimestre más productivo (durante el cual se capturaron más organismos) fue de Abril a Junio, con un total de 27,783 organismos (29.1%) y el menos productivo fue de Julio a Septiembre con un total de 16,961 organismos (17.8%) (Gráfica 2).

En la siguiente tabla se resumen las capturas totales durante el período de estudio de 8 años, la captura promedio anual y trimestral por sexos.

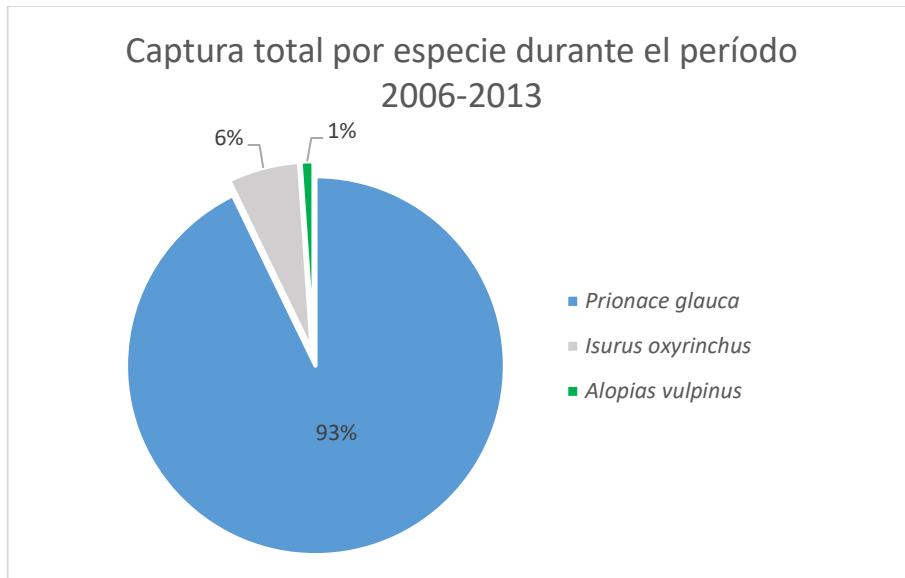
Tabla 9. Proporción sexual de la captura total, de la captura promedio anual y trimestral.

	ORGANISMOS CAPTURADOS	HEMBRAS		MACHOS		N/D		M:H
		%	NO. DE INDIVIDUOS	%	NO. DE INDIVIDUOS	%	NO. DE INDIVIDUOS	
Total 2006-2013	95,388		29,809		62,205		374	2:1
Promedio anual	11,923.4	31.2	3,726.1	68.4	8,150	0.4	46.7	
Promedio trimestral	23,847		7,452.3		16,301.3		93.5	

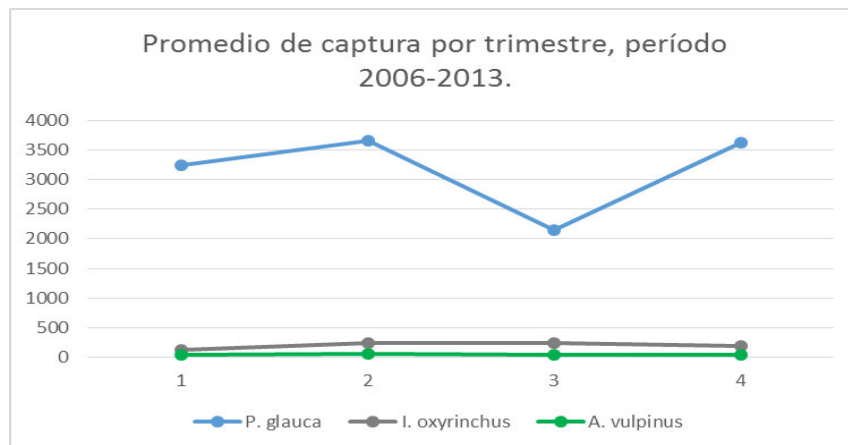
Los resultados de la estructura poblacional por estadio sexual en la captura total, la captura promedio anual y trimestral de las tres especies de interés se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 10. Estructura por estadio sexual de la captura total durante 2006-2013, promedio anual y trimestral

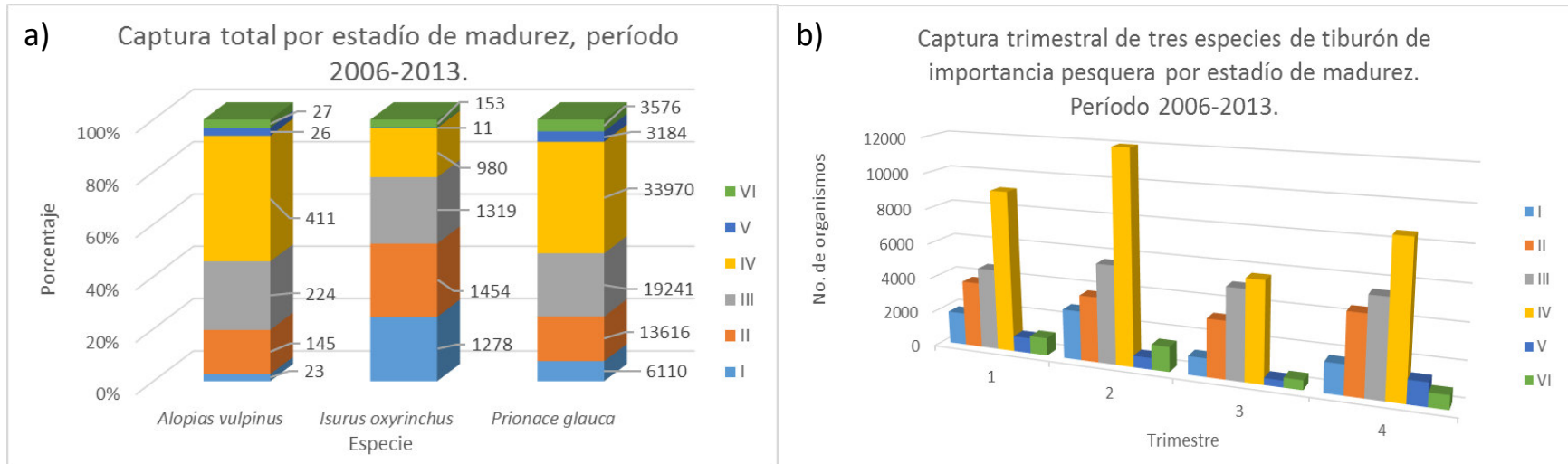
	Estadio Sexual													
	I		II		III		IV		V		VI		N/D	
	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.
Total 2006- 2013		7,411		15,215		20,784		35,361		3,211		3,756		9,640
Promedio anual	7.8	926.4	16	1,902	21.8	2,598	37.1	4,420.1	3.4	402.7	4	469.5	10.1	1,205
Promedio trimestral		1,852.7		3,803.7		5,196		8,840		805.25		939		2,410



Gráfica 1. Captura total de las especies de estudio durante el período 2006-2013



Gráfica 2. Análisis trimestral de la captura promedio por especie.



Gráfica 3. a) Análisis de la captura total con base en los estadios de madurez, b) análisis de la captura por trimestre en los estadios de madurez durante el período 2006-2013.

Prionace glauca

De los 94,648 datos recabados para tres especies de tiburón de importancia pesquera en el Pacífico Mexicano durante 2006 y hasta 2013, 88,537 corresponden a *P. glauca* (Gráfica 4 a) lo cual corresponde al 93.5% del total de los datos. De forma anual se capturó un promedio de 11,067.125 organismos de esta especie (Gráfica 4 b); durante el año con más captura (2007) se capturó un total de 19,667 individuos (92.5% de la captura de ese año) y durante el año con menos datos de captura (2012) se registraron 3, 601 organismos de esta especie (92.8%). En promedio el trimestre más productivo (durante el cual se capturaron más organismos) fue Abril-Junio, con un total de 25,561 organismos (28.8%) y el menos productivo fue Julio-Septiembre con un total de 15,011 organismos (17%) (Gráfica 4 d).

En la siguiente tabla se resumen las capturas por sexo de esta especie, mientras que en la gráfica 5 (a y b) se observa la proporción sexual de la captura total y trimestral durante el período de estudio.

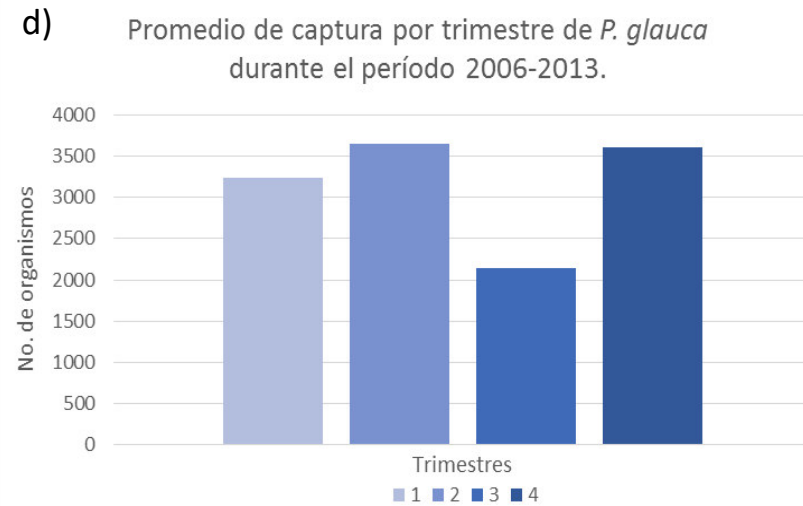
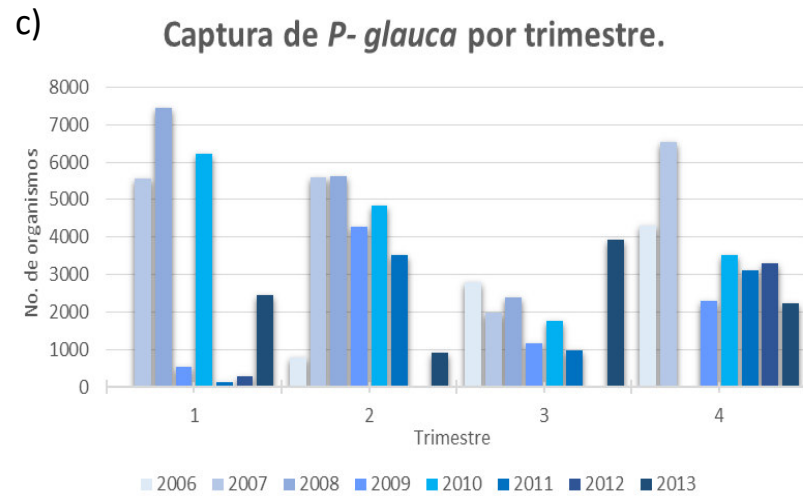
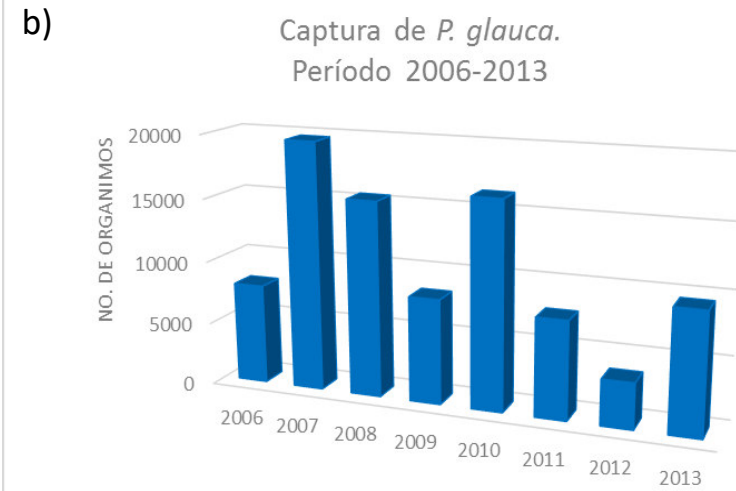
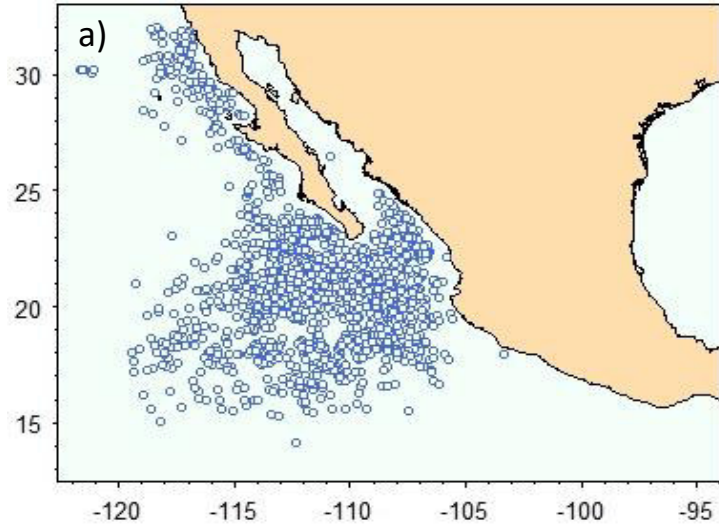
Tabla 11. Proporción sexual de la captura total, captura promedio anual y trimestral de *P. glauca*

	ORGANISMOS CAPTURADOS	HEMBRAS		MACHOS		N/D		M:H
		%	NO. DE INDIVIDUOS	%	NO. DE INDIVIDUOS	%	NO. DE INDIVIDUOS	
Total 2006-2013	88,537	29.4	26,049	70.2	62,169	0.4	319	2.3:1
Promedio anual	11,067.1		3,726.1		7,771		40	
Promedio trimestral	22,134.2		6,512		15,542		80	

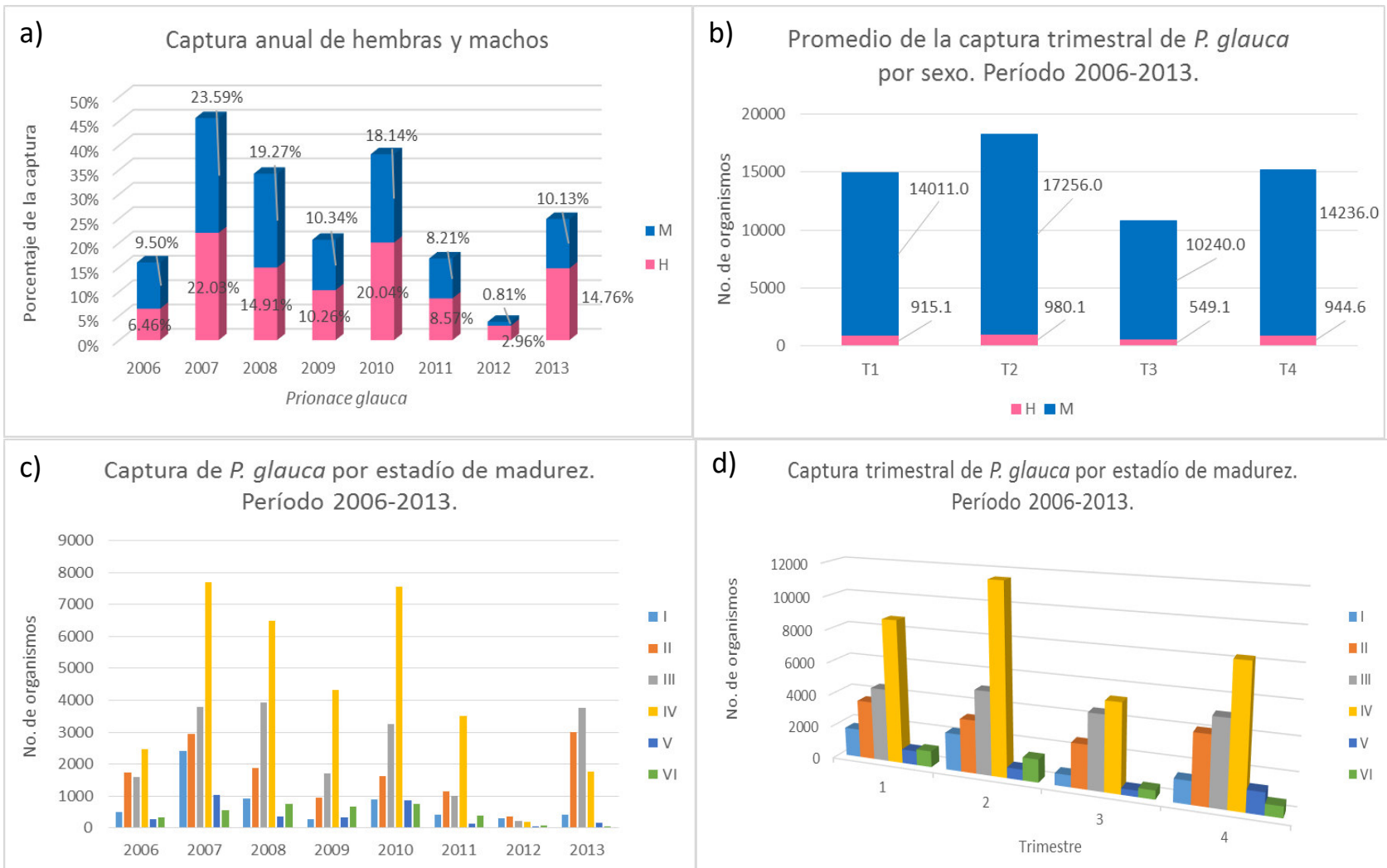
La proporción por estadio sexual en la captura total, en el promedio de captura anual y trimestral se observan en la siguiente tabla, así como en la gráfica 5 (c y d).

Tabla 12. Estructura por estadio sexual de la captura total durante 2006-2013, promedio anual y trimestral de *P. glauca*

	Estadio Sexual													
	I		II		III		IV		V		VI		N/D	
	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.
Total 2006-2013	6.9	6,110	15.4	13,616	21.7	19,241	38.4	33,970	3.6	3,184	4	3,576	10	8,840
Promedio anual		764		1,702		2,405		4,246		398		447		1,105
Promedio trimestral		1,527.5		3,404		4,810.25		8,492.5		796		894		2,210



Gráfica 4. Distribución (a) y abundancia total (b) trimestral (c) y promedio (c) de la captura de *P. glauca* durante el período 2006-2013 en el Pacífico Mexicano.



Gráfica 5. Captura anual (a) y trimestral (b) por sexo, y captura anual (c) y trimestral (d) por estadios de madurez sexual de *P. glauca* durante 2006-2013.

Isurus oxyrinchus

De los 94,648 datos recabados para tres especies de tiburón de importancia pesquera en el Pacífico Mexicano durante 2006 y hasta 2013, 5,817 corresponden a *I. oxyrinchus* (Gráfica 6 a) lo cual corresponde al 6.15% del total de los datos. De forma anual se capturó un promedio de 727.13 organismos de esta especie (Gráfica 6 b); durante el año con más captura (2007) se capturó un total de 1,457 individuos (25% de la captura total de esta especie) y durante el año con menos datos de captura (2012) se registraron 227 organismos de esta especie (3.9% de la captura total). En promedio el trimestre más productivo (durante el cual se capturaron más organismos) fue Julio-Septiembre, con un total de 1,719 organismos (29.5%) y el menos productivo fue Enero-Marzo con un total de 852 organismos (14.6%) (Gráfica 6 d).

La estructura por proporción sexual de la captura total, la captura promedio anual y trimestral se resumen en la siguiente tabla y se observan en la gráfica 7 (a y b).

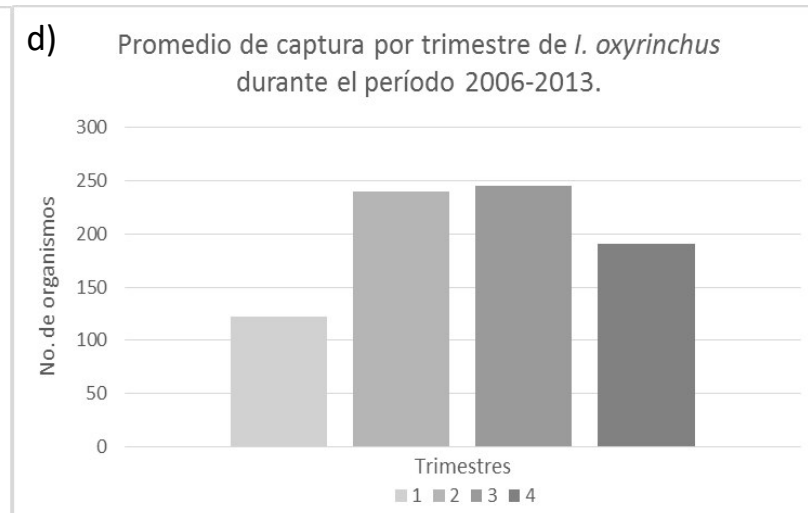
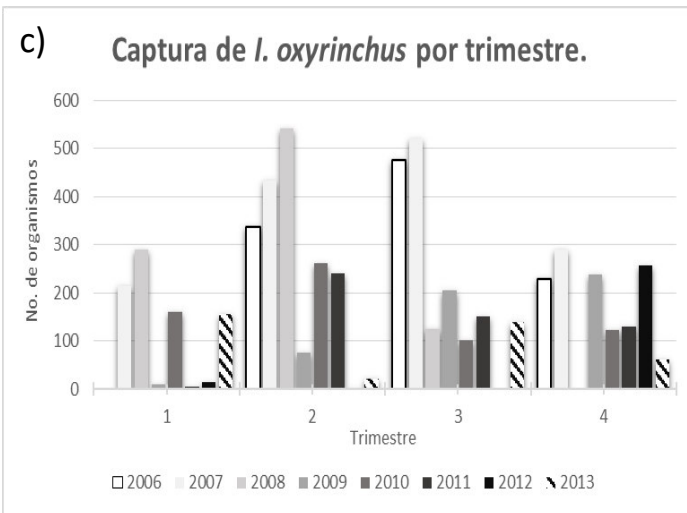
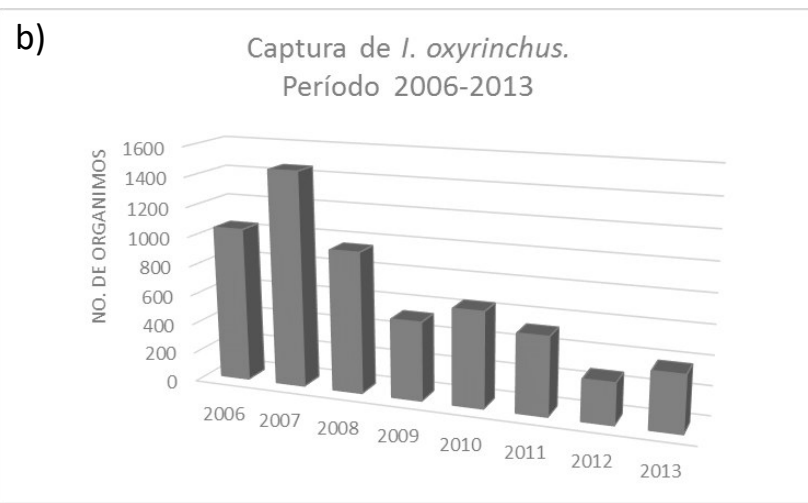
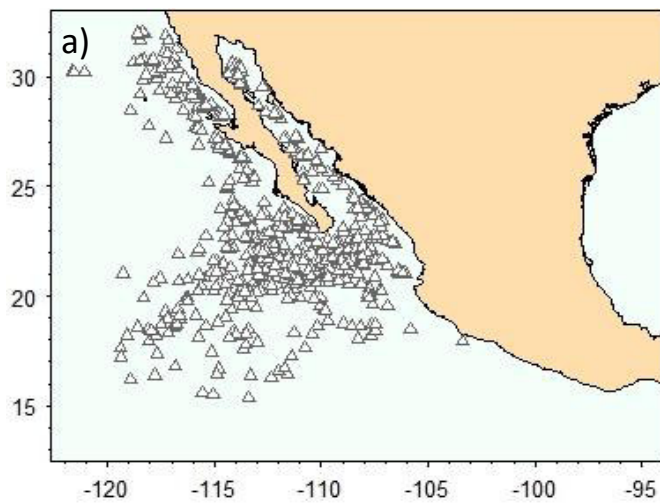
Tabla 13. Proporción sexual de la captura total, captura promedio anual y trimestral de *I. oxyrinchus*

	ORGANISMOS CAPTURADOS	HEMBRAS		MACHOS		N/D		M:H
		%	NO. DE INDIVIDUOS	%	NO. DE INDIVIDUOS	%	NO. DE INDIVIDUOS	
Total 2006-2013	5,817	55.8	3,249	43.5	2,532	0.6	36	1.3:1
Promedio anual	727.1		406.1		321		4.5	
Promedio trimestral	182.63		101.3		80.2		1.13	

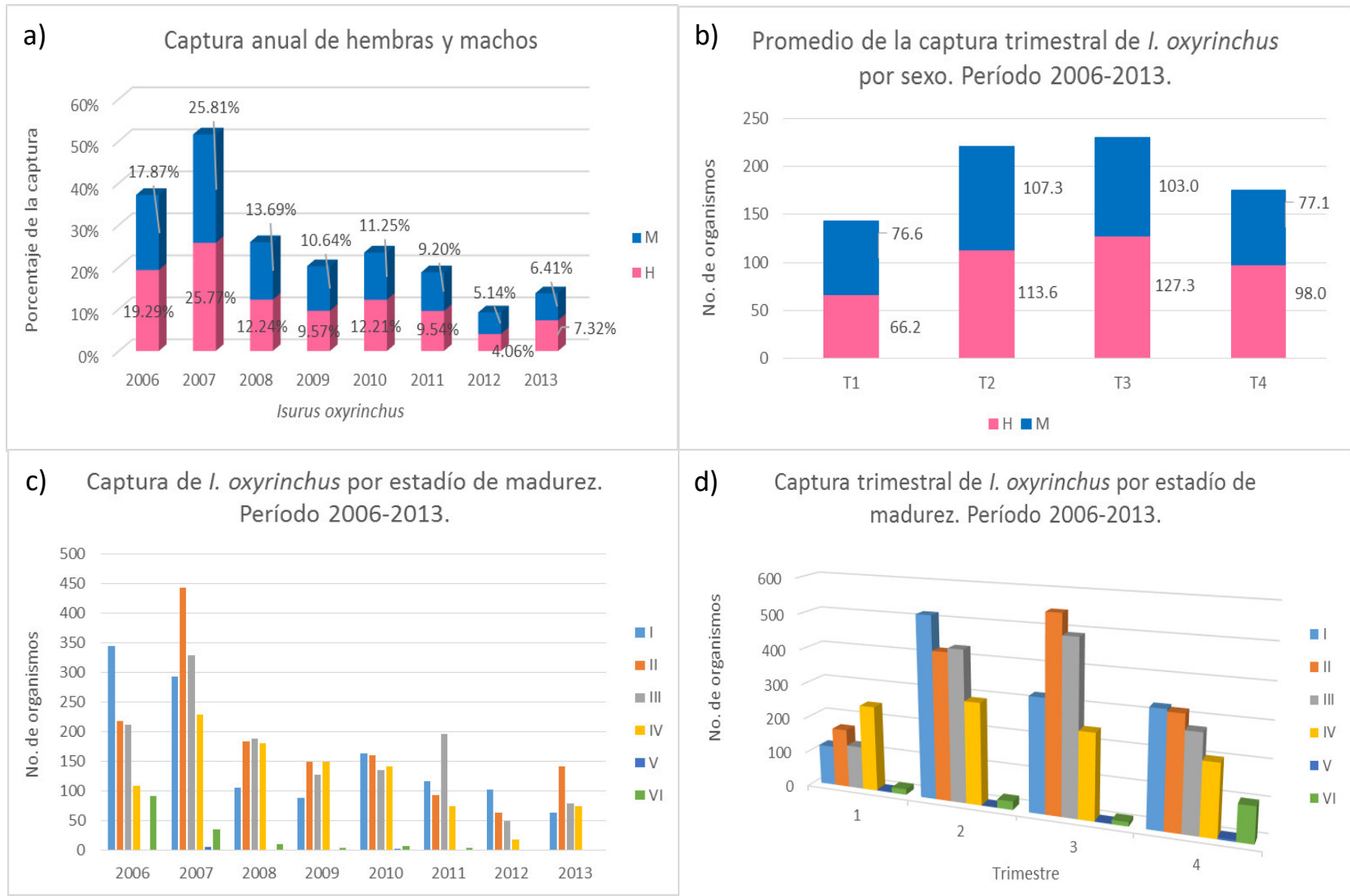
La proporción por estadio sexual en la captura total, en el promedio de captura anual y trimestral se observan en la siguiente tabla, así como en la gráfica 7 (c y d).

Tabla 14. Estructura por estadio sexual de la captura total durante 2006-2013, promedio anual y trimestral de *I. oxyrinchus*

	Estadio Sexual													
	I		II		III		IV		V		VI		N/D	
	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.
Total 2006-2013		1,278		1,454		1,319		980		11		153		622
Promedio anual	21.9	159.75	24.9	181.75	22.6	164.9	16.8	122.5	0.2	1.4	2.6	19.1	10.6	77.7
Promedio trimestral		319		363		329.7		245		2.75		38.25		155.5



Gráfica 6. Distribución (a) y abundancia total (b) trimestral (c) y promedio (c) de la captura de *I. oxyrinchus* durante el período 2006-2013 en el Pacífico Mexicano



Gráfica 7. Captura anual (a) y trimestral (b) por sexo, y captura anual (c) y trimestral (d) por estadios de madurez sexual de *I. oxyrinchus* durante 2006-2013.

Alopias vulpinus

De los 94,648 datos recabados para tres especies de tiburón de importancia pesquera en el Pacífico Mexicano durante 2006 y hasta 2013, 1,034 corresponden a *A. vulpinus* (Gráfica 8 a) lo cual corresponde al 1.09% del total de los datos. De forma anual se capturó un promedio de 129.25 organismos de esta especie (Gráfica 8 b); durante el año con más captura (2008) se capturó un total de 298 individuos (28.8% de la captura total de esta especie) y durante el año con menos datos de captura (2012) se registró solo 1 organismo de esta especie (0.09% de la captura total). En promedio el trimestre más productivo (durante el cual se capturaron más organismos) fue Abril-Junio, con un total de 308 organismos (29.7%) y el menos productivo fue Julio-Septiembre con un total de 231 organismos (22.3%) (Gráfica 8 d).

La estructura por proporción sexual de la captura total, la captura promedio anual y trimestral de *A. vulpinus* se resumen en la siguiente tabla y se observan en la gráfica 9 (a y b).

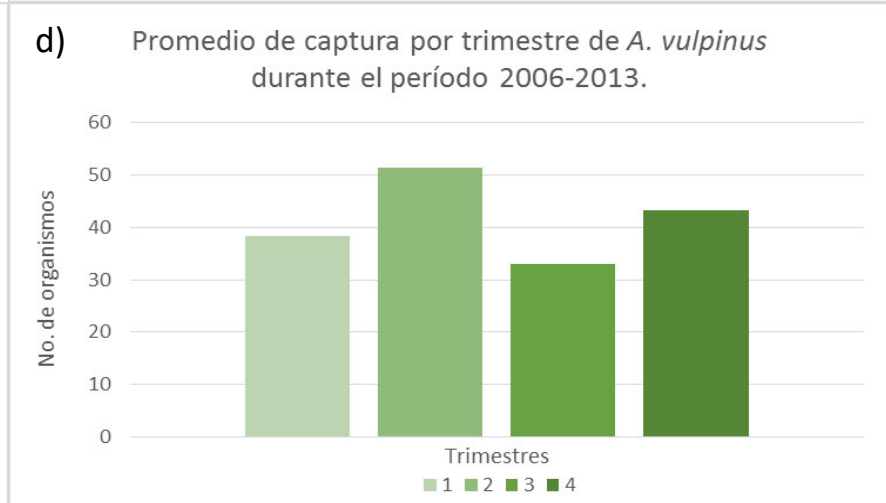
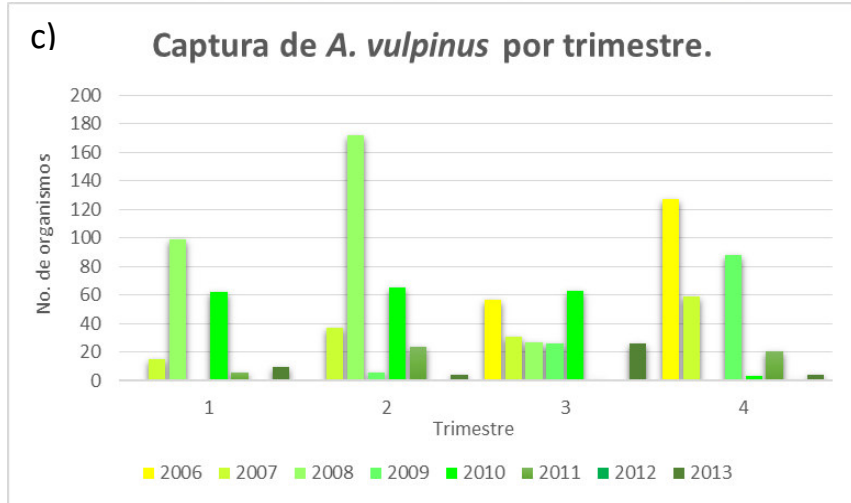
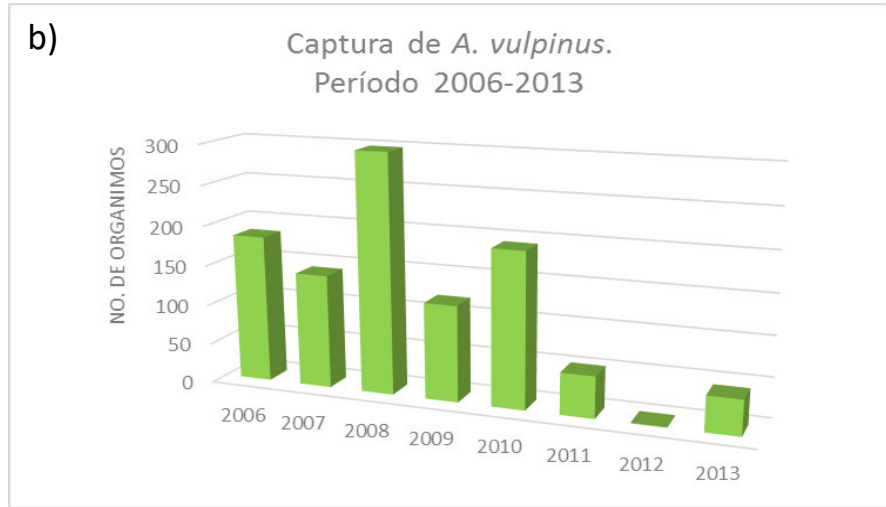
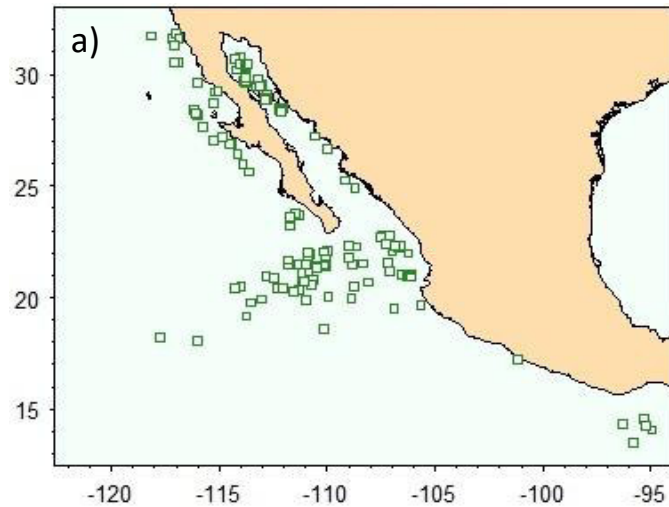
Tabla 15. Proporción sexual de la captura total, captura promedio anual y trimestral de *A. vulpinus*

	ORGANISMOS CAPTURADOS	HEMBRAS		MACHOS		N/D		M:H
		%	NO. DE INDIVIDUOS	%	NO. DE INDIVIDUOS	%	NO. DE INDIVIDUOS	
Total 2006-2013	1,034	49.4	511	48.7	504	1.8	19	1:1.01
Promedio anual	129.2		64		63		2.4	
Promedio trimestral	258.45		127.7		126		4.75	

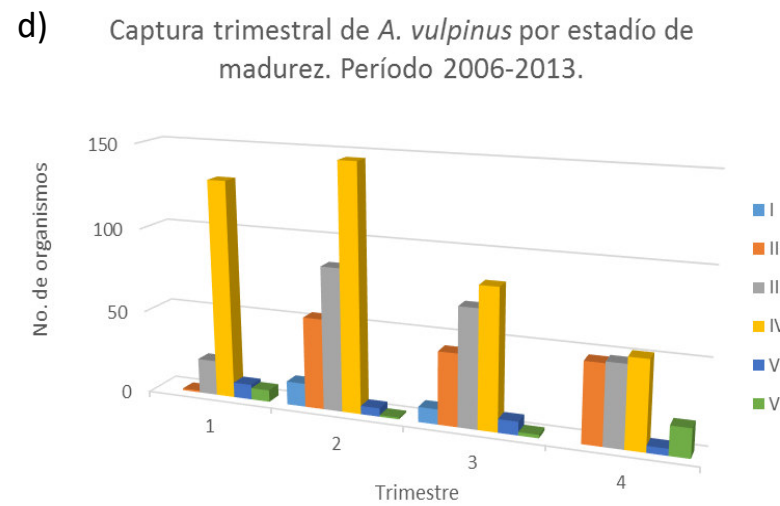
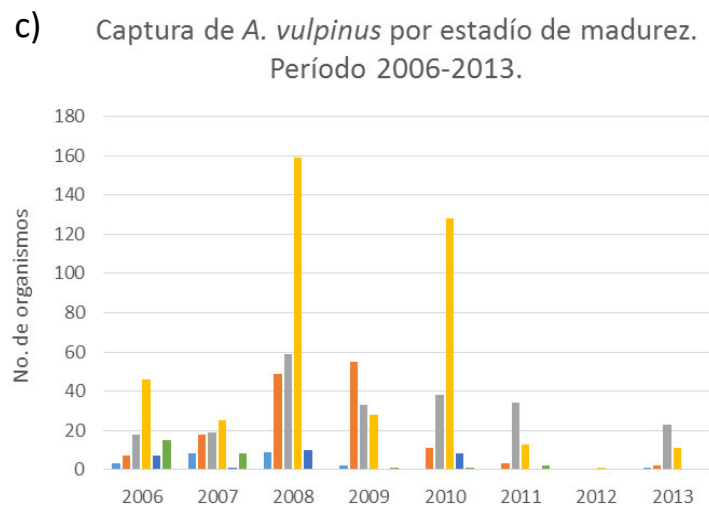
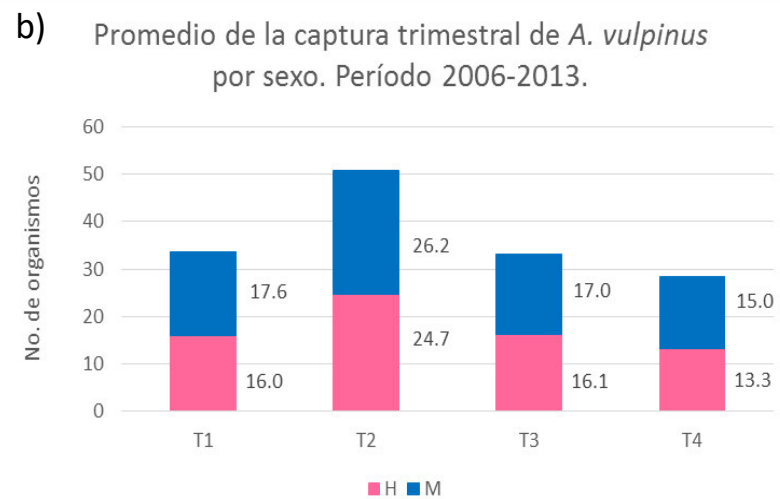
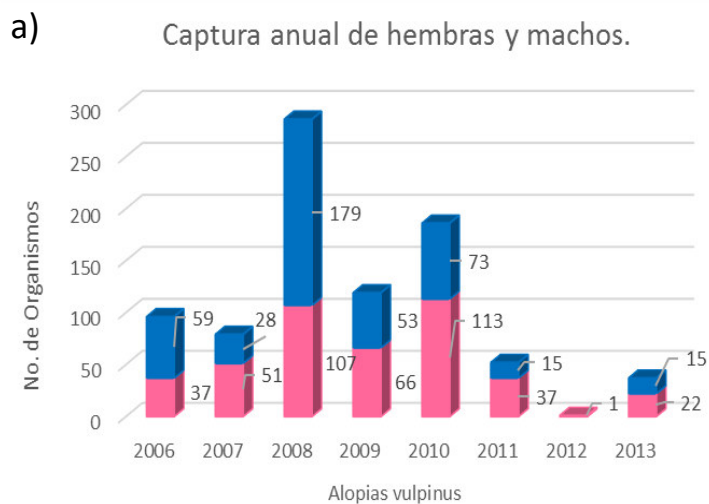
La proporción por estadio sexual en la captura total, en el promedio de captura anual y trimestral de esta especie se observan en la siguiente tabla, así como en la gráfica (c y d).

Tabla 16. Estructura por estadio sexual de la captura total durante 2006-2013, promedio anual y trimestral de *A. vulpinus*

	Estadio Sexual													
	I		II		III		IV		V		VI		N/D	
	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.
Total 2006-2013		23		145		224		411		26		27		178
Promedio anual	2.2	2.8	14	18.1	21.6	28	39.7	51.4	2.5	3.25	2.6	3.4	17.2	22.25
Promedio trimestral		5.75		36.25		56		102.75		6.5		6.75		44.5



Gráfica 8. Distribución (a) y abundancia total (b) trimestral (c) y promedio (c) de la captura de *A. vulpinus* durante el período 2006-2013 en el Pacífico Mexicano



Gráfica 9. Captura anual (a) y trimestral (b) por sexo, y captura anual (c) y trimestral (d) por estadios de madurez sexual de *A. vulpinus* durante 2006-2013.

Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) relativa

Crucero

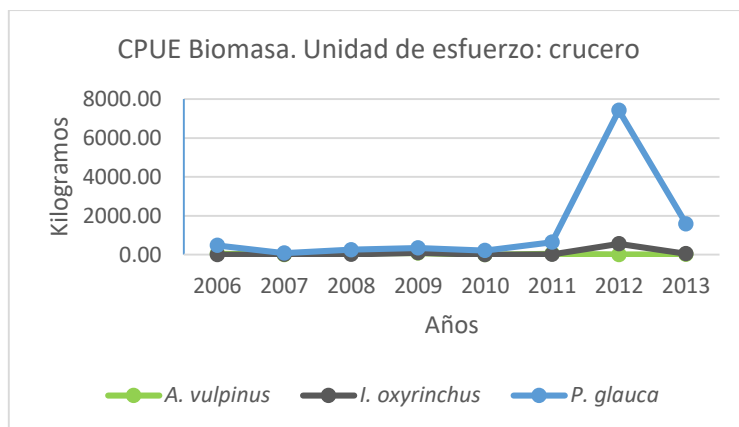
La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia (número de ejemplares capturados por año) y tomando como unidad de esfuerzo el número de cruceros, mostró que durante el año 2012 hubo mayor captura de nuestras especies de interés (646.5 organismos por crucero), mientras que durante 2008 se registró la menor captura (189.66 organismos por crucero). La CPUE total de ejemplares de *P. glauca*, *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus* de los 406 cruceros evaluados durante los ocho años de estudio fue de 2,409.77, con un promedio de 301.22 organismos capturados por crucero.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 98.7 kg y 7,997.0 kg, siendo 2012 el año con mayor captura y 2007 el año cuando menos captura se registró para las tres especies objeto de este estudio. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 1,508.49 kg por crucero (Tabla 9).

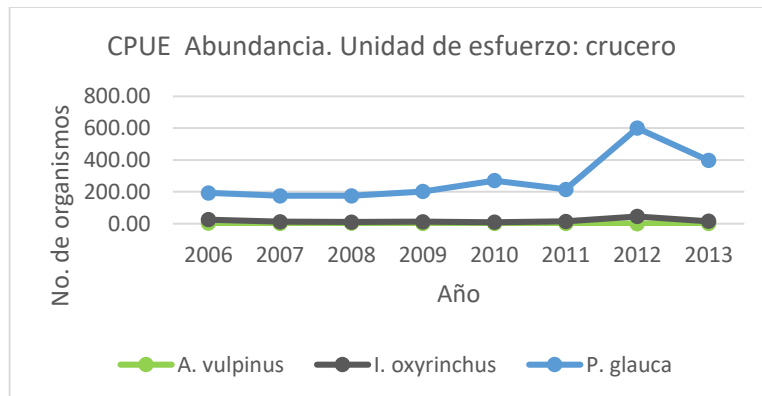
Tabla 17. Captura por Unidad de Esfuerzo de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.

<i>P. glauca, I. oxyrinchus y A. vulpinus</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. CRUCEROS	CPUE/BIOMASA	CPUE/ABUNDANCIA
2006	9,139	21,681.00	41	528.80	222.90
2007	21,266	11,054	112	98.70	189.88
2008	16,690	31,088	88	353.27	189.66
2009	8,949	21,300	41	519.51	218.27
2010	17,178	12,548	58	216.34	296.17
2011	8,321	25,259	36	701.64	231.14
2012	3,879	47,982	6	7,997.00	646.50
2013	9,966	39,663.20	24	1,652.63	415.25
TOTAL	95,388.00	210,575.20	406.00	12,067.90	2,409.77
PROMEDIO	11,923.50	26,321.90	50.75	1,508.49	301.22

En las gráficas 10 y 11 se muestra el comportamiento de la captura de tiburón durante el período de estudio utilizando como unidad de esfuerzo el número de cruceros.



Gráfica 10. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero



Gráfica 11. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero

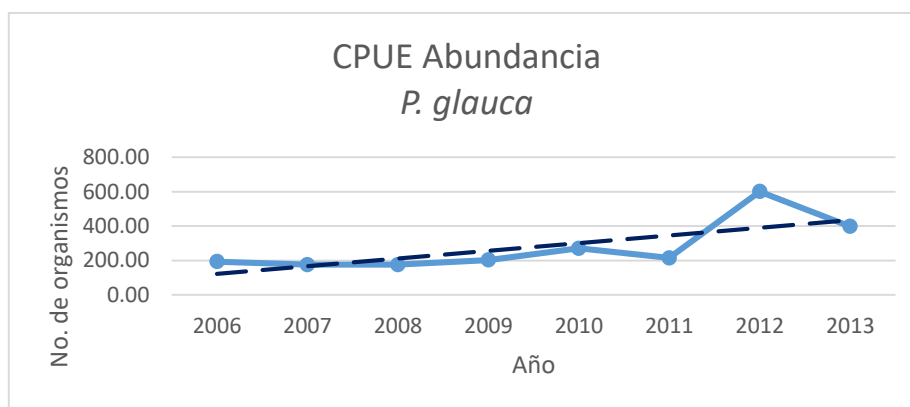
La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia y tomando como unidad de esfuerzo el número de cruceros, mostró que durante el año 2012 hubo mayor captura de *P. glauca* (600.33 organismos por crucero), mientras que durante 2008 se registró la menor captura (175.18 organismos por crucero). La CPUE total de ejemplares de *P. glauca* de los 406 cruceros evaluados durante los ocho años de estudio fue de 2,229.43, con un promedio de 278.68 organismos capturados por crucero.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 77.22 kg y 7,430.17 kg, siendo 2012 el año con mayor captura y 2007 el año cuando menos captura de *P. glauca* se registró. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 1,378.76 kg por crucero (Tabla 10).

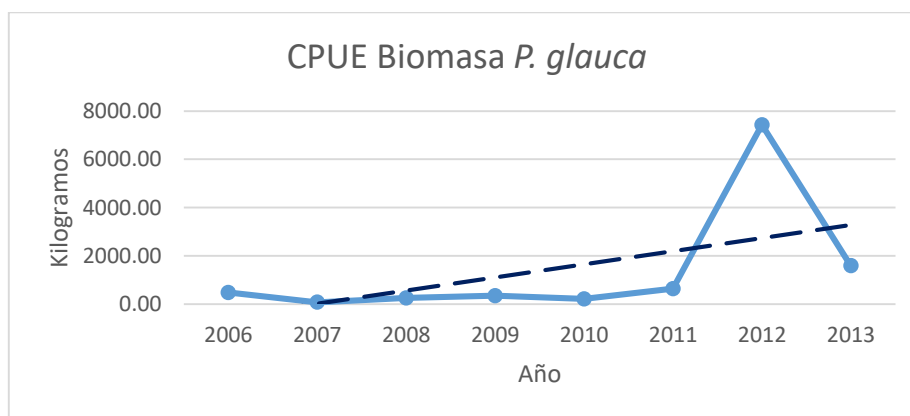
Tabla 18. Captura por Unidad de Esfuerzo de *P. glauca* durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.

<i>P. glauca</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. CRUCEROS	CPUE/BIOMASA	CPUE/ABUNDANCIA
2006	7,912	19,582.50	41	477.62	192.98
2007	19,651	8,649	112	77.22	175.46
2008	15,416	22,460	88	255.23	175.18
2009	8,298	14,244	41	347.41	202.39
2010	15,685	12,403	58	213.84	270.43
2011	7,743	23,037	36	639.92	215.08
2012	3,602	44,581	6	7,430.17	600.33
2013	9,542	38,128.20	24	1,588.68	397.58
TOTAL	87,849.00	183,084.70	406.00	11,030.09	2,229.43
PROMEDIO	10,981.13	22,885.59	50.75	1,378.76	278.68

En las gráficas 12 y 13 se muestra el comportamiento de la captura de tiburón azul (*P. glauca*) durante el período de estudio utilizando como unidad de esfuerzo el número de cruceros.



Gráfica 12. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de *P. glauca* durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero



Gráfica 13. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de *P. glauca* durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero

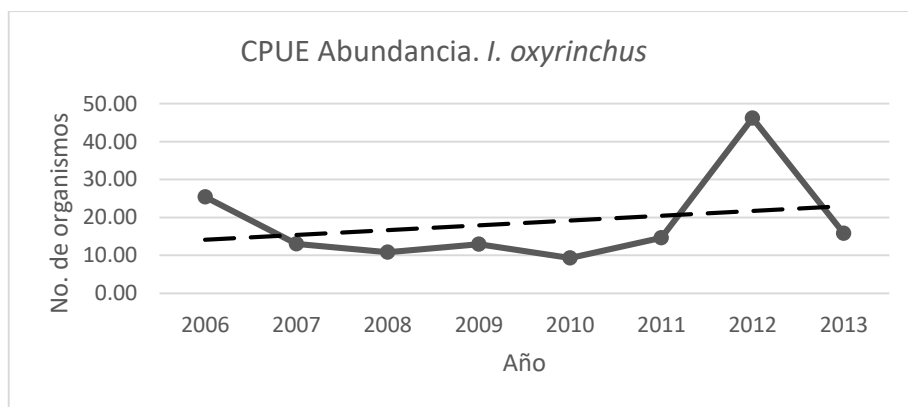
La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia y tomando como unidad de esfuerzo el número de cruceros, mostró que durante el año 2012 hubo mayor captura de *I. oxyrinchus* (46.17 organismos por crucero), mientras que durante 2010 se registró la menor captura (9.34 organismos por crucero). La CPUE total de ejemplares de *I. oxyrinchus* de los 406 cruceros evaluados durante los ocho años de estudio fue de 148.27, con un promedio de 18.53 organismos capturados por crucero.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 2.5 kg y 556.83 kg, siendo 2012 el año con mayor captura y 2010 el año cuando menos captura de *I. oxyrinchus* se registró. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 93.93 kg por crucero (Tabla 11).

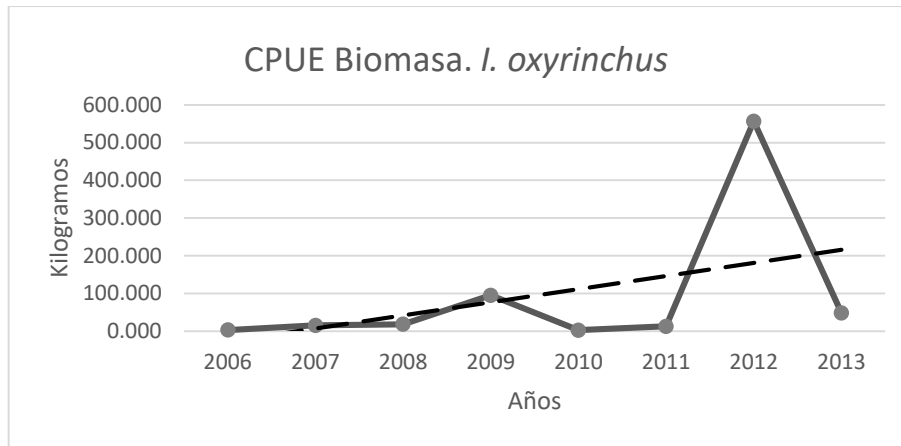
Tabla 19. Captura por Unidad de Esfuerzo de *I. oxyrinchus* durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.

<i>I. oxyrinchus</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. CRUCEROS	CPUE/BIOMASA	CPUE/ABUNDANCIA
2006	1,043	109.5	41	2.671	25.44
2007	1,457	1,709	112	15.259	13.01
2008	956	1,590	88	18.068	10.86
2009	532	3,892	41	94.927	12.98
2010	542	145	58	2.500	9.34
2011	527	461	36	12.806	14.64
2012	277	3,341	6	556.833	46.17
2013	380	1,161	24	48.375	15.83
TOTAL	5,714.00	12,408.50	406.00	751.44	148.27
PROMEDIO	714.25	1,551.06	50.75	93.93	18.53

En las gráficas 14 y 15 se muestra el comportamiento de la captura de tiburón mako (*I. oxyrinchus*) durante el período de estudio, empleando como unidad de esfuerzo el número de cruceros.



Gráfica 14. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de *I. oxyrinchus* durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero



Gráfica 15. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de *I. oxyrinchus* durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero

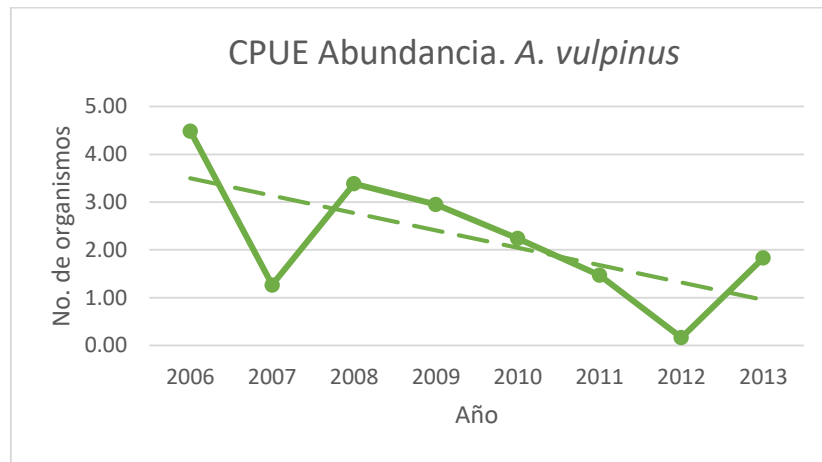
La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia y tomando como unidad de esfuerzo el número de cruceros, mostró que durante el año 2006 hubo mayor captura de *A. vulpinus* (4.49 organismos por crucero), mientras que durante 2012 se registró la menor captura (0.17 organismos por crucero). La CPUE total de ejemplares de *A. vulpinus* de los 406 cruceros evaluados durante los ocho años de estudio fue de 17.81, con un promedio de 2.23 organismos capturados por crucero.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 6.21 kg y 79.98 kg, siendo 2008 el año con mayor captura y 2007 el año cuando menos captura de *A. vulpinus* se registró. Debido a que durante el año 2010 no se registraron datos de biomasa (peso en kg de los organismos), no fue posible calcular la captura por unidad de esfuerzo para ese año. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 40.91 kg por crucero (Tabla 12).

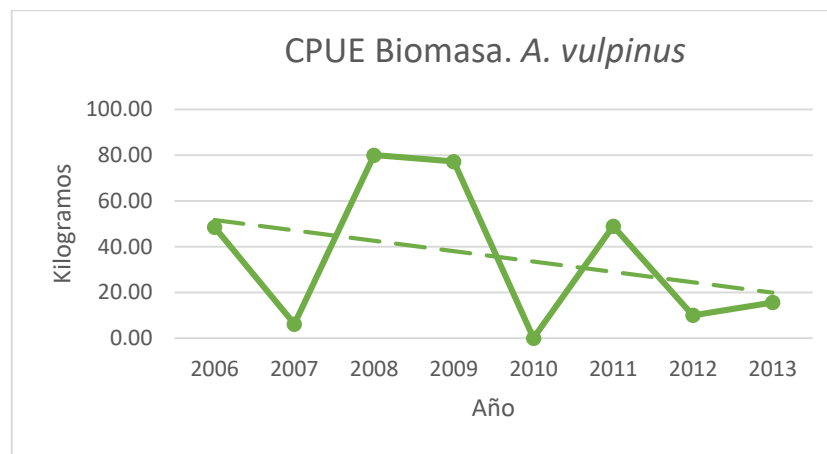
Tabla 20. Captura por Unidad de Esfuerzo de *A. vulpinus* durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero.

<i>A. vulpinus</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. CRUCEROS	CPUE BIOMASA	CPUE ABUNDANCIA
2006	184	1,989	41	48.51	4.49
2007	142	696	112	6.21	1.27
2008	298	7,038	88	79.98	3.39
2009	121	3,164	41	77.17	2.95
2010	130	s/d	58	NA	2.24
2011	53	1761	36	48.92	1.47
2012	1	60	6	10.00	0.17
2013	44	374	24	15.58	1.83
TOTAL	973.00	15,082.00	406.00	286.37	17.81
PROMEDIO	121.63	2,154.57	50.75	40.91	2.23

En las gráficas 16 y 17 se muestra el comportamiento de la captura de tiburón zorro (*A. vulpinus*) durante el período de estudio, empleando como unidad de esfuerzo el número de cruceros.



Gráfica 16. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de *A. vulpinus* durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero



Gráfica 17. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de *A. vulpinus* durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Crucero

Lances

La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia (número de ejemplares capturados por año) y tomando como unidad de esfuerzo el número de lances, mostró que durante el año 2012 hubo mayor captura de nuestras especies de interés (34.33 organismos por lance), mientras que durante 2008 se registró la menor captura (12.75 organismos por lance). La CPUE total de ejemplares de *P. glauca*, *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus* de los 6,136

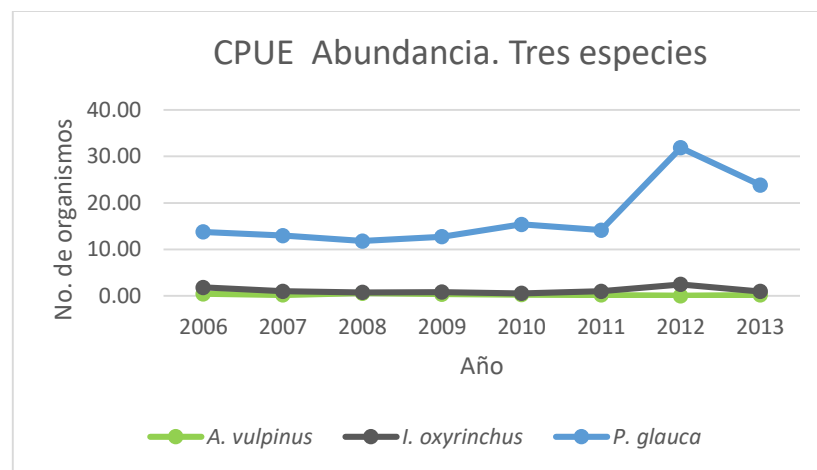
lances evaluados durante los ocho años de estudio fue de 147.36, con un promedio de 18.45 organismos capturados por lance.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 7.28 kg y 424.62 kg, siendo 2012 el año con mayor captura y 2007 el año cuando menos captura se registró para las tres especies objeto de este estudio. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 85.45 kg por lance (Tabla 13).

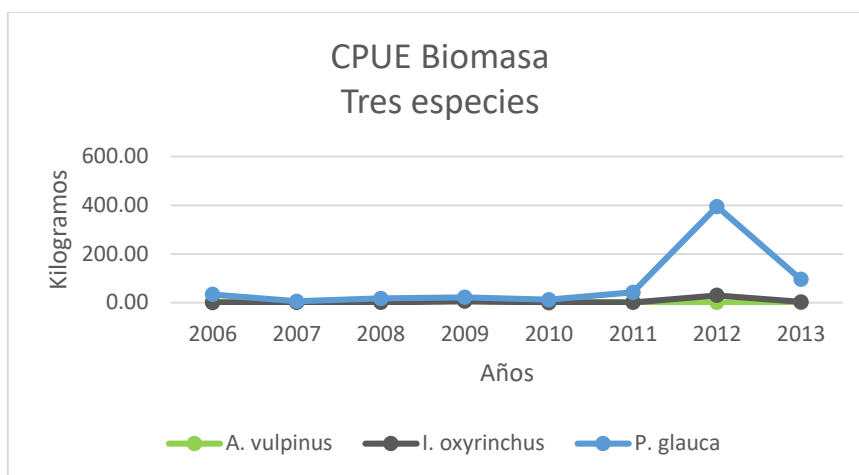
Tabla 21. Captura por Unidad de Esfuerzo de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Lance.

<i>P. glauca, I. oxyrinchus y A. vulpinus</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. LANCES	CPUE/BIOMASA	CPUE/ABUNDANCIA
2006	9,139	21,681.00	575	37.71	15.89
2007	21,266	11,054	1,518	7.28	14.01
2008	16,690	31,088	1309	23.75	12.75
2009	8,949	21,300	652	32.67	13.73
2010	17,178	12,548	1021	12.29	16.82
2011	8,321	25,259	548	46.09	15.18
2012	3,879	47,982	113	424.62	34.33
2013	9,966	39,663.20	400	99.16	24.92
TOTAL	95,388.00	210,575.20	6,136.00	683.57	147.63
PROMEDIO	11,923.50	26,321.90	767.00	85.45	18.45

En las gráficas 18 y 19 se muestra el comportamiento de la captura de tiburón durante el período de estudio utilizando como medida de esfuerzo el número de lances.



Gráfica 18. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: lance



Gráfica 19. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: lance.

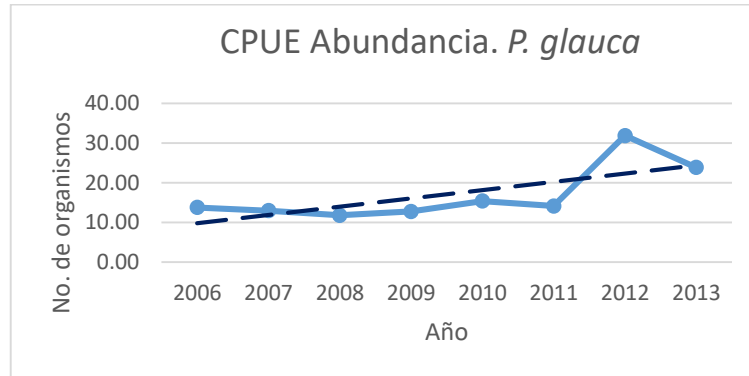
La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia (número de ejemplares capturados por año) y tomando como unidad de esfuerzo el número de lances, mostró que durante el año 2012 hubo mayor captura de *P. glauca* (31.88 organismos por lance), mientras que durante 2008 se registró la menor captura (11.78 organismos por lance). La CPUE total de ejemplares de *P. glauca* de los 6,136 lances evaluados durante los ocho años de estudio fue de 136.43, con un promedio de 17.05 organismos capturados por lance.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 5.70 kg y 394.52 kg, siendo 2012 el año con mayor captura y 2007 el año cuando menos captura de *P. glauca* se registró por este estudio. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 77.85 kg por lance (Tabla 14).

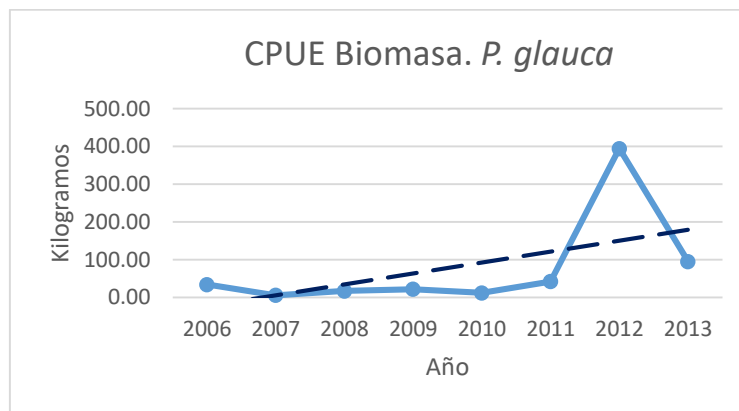
Tabla 22. Captura por Unidad de Esfuerzo de *P. glauca* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Lance.

<i>P. glauca</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. LANCES	CPUE/BIOMASA	CPUE/ABUNDANCIA
2006	7,912	19,582.50	575	34.06	13.76
2007	19,651	8,649	1,518	5.70	12.95
2008	15,416	22,460	1309	17.16	11.78
2009	8,298	14,244	652	21.85	12.73
2010	15,685	12,403	1021	12.15	15.36
2011	7,743	23,037	548	42.04	14.13
2012	3,602	44,581	113	394.52	31.88
2013	9,542	38,128.20	400	95.32	23.86
TOTAL	87,849.00	183,084.70	6,136.00	622.79	136.43
PROMEDIO	10,981.13	22,885.59	767.00	77.85	17.05

En las gráficas 20 y 21 se muestra el comportamiento de la captura de *P. glauca* durante el período de estudio utilizando como medida de esfuerzo el número de lances.



Gráfica 20. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de *P. glauca* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: lance.



Gráfica 21. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de *P. glauca* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: lance.

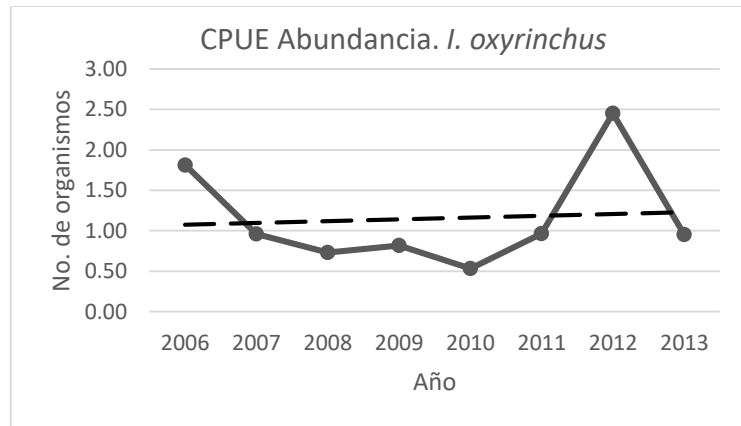
La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia (número de ejemplares capturados por año) y tomando como unidad de esfuerzo el número de lances, mostró que durante el año 2012 hubo mayor captura de *I. oxyrinchus* (2.45 organismos por lance), mientras que durante 2010 se registró la menor captura (0.53 organismos por lance). La CPUE total de ejemplares de *I. oxyrinchus* de los 6,136 lances evaluados durante los ocho años de estudio fue de 9.21, con un promedio de 1.15 organismos capturados por lance.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 0.142 kg y 29.56 kg, siendo 2012 el año con mayor captura y 2010 el año cuando menos captura de *I. oxyrinchus* se registró por este estudio. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 5.24 kg por lance (Tabla 15).

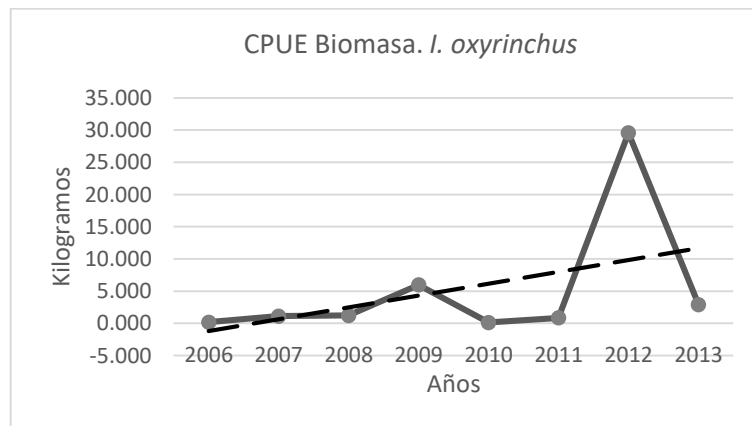
Tabla 23. Captura por Unidad de Esfuerzo de *I. oxyrinchus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013.
Unidad de esfuerzo: Lance.

<i>I. oxyrinchus</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. LANCES	CPUE/BIOMASA	CPUE/ABUNDANCIA
2006	1,043	109.5	575	0.190	1.81
2007	1,457	1,709	1,518	1.126	0.96
2008	956	1,590	1309	1.215	0.73
2009	532	3,892	652	5.969	0.82
2010	542	145	1021	0.142	0.53
2011	527	461	548	0.841	0.96
2012	277	3,341	113	29.566	2.45
2013	380	1,161	400	2.903	0.95
TOTAL	5,714.00	12,408.50	6,136.00	41.95	9.21
PROMEDIO	714.25	1,551.06	767.00	5.24	1.15

En las gráficas 22 y 23 se muestra el comportamiento de la captura de *I. oxyrinchus* durante el período de estudio utilizando como medida de esfuerzo el número de lances.



Gráfica 22. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de *I. oxyrinchus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: lance.



Gráfica 23. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de *I. oxyrinchus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: lance.

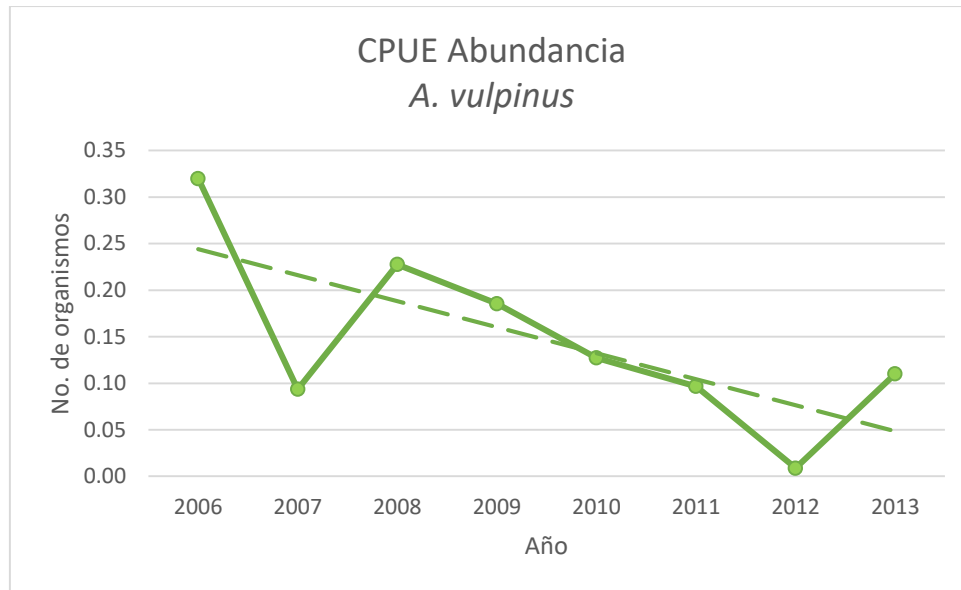
La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia (número de ejemplares capturados por año) y tomando como unidad de esfuerzo el número de lances, mostró que durante el año 2006 hubo mayor captura de *A. vulpinus* (0.32 organismos por lance), mientras que durante 2012 se registró la menor captura (0.01 organismos por lance). La CPUE total de ejemplares de *A. vulpinus* de los 6,136 lances evaluados durante los ocho años de estudio fue de 1.17, con un promedio de 0.15 organismos capturados por lance.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 0.46 kg y 5.38 kg, siendo 2008 el año con mayor captura y 2007 el año cuando menos captura de *A. vulpinus* se registró por este estudio. Debido a que durante el año 2010 no se registraron datos de biomasa (peso en kg de los organismos), no fue posible calcular la captura por unidad de esfuerzo para ese año. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 2.69 kg por lance (Tabla 16).

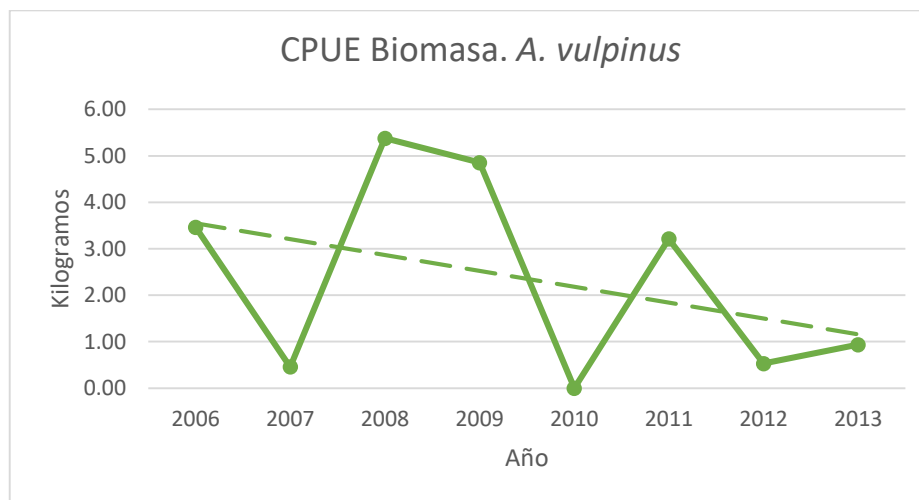
Tabla 24. Captura por Unidad de Esfuerzo de *A. vulpinus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Lance.

<i>A. vulpinus</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. LANCES	CPUE BIOMASA	CPUE ABUNDANCIA
2006	184	1,989	575	3.46	0.32
2007	142	696	1,518	0.46	0.09
2008	298	7,038	1309	5.38	0.23
2009	121	3,164	652	4.85	0.19
2010	130	s/d	1021	s/d	0.13
2011	53	1761	548	3.21	0.10
2012	1	60	113	0.53	0.01
2013	44	374	400	0.94	0.11
TOTAL	973.00	15082.00	6136.00	18.83	1.17
PROMEDIO	121.63	2154.57	767.00	2.69	0.15

En las gráficas 24 y 25 se muestra el comportamiento de la captura de *A. vulpinus* durante el período de estudio utilizando como medida de esfuerzo el número de lances.



Gráfica 24. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de *A. vulpinus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: lance.



Gráfica 25. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de *A. vulpinus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: lance.

Anzuelos

La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia (número de ejemplares capturados por año) y tomando como unidad de esfuerzo el número de anzuelos, mostró que durante el año 2012 hubo mayor captura de nuestras especies de interés (59.64 organismos por cada 100 anzuelos), mientras que durante 2009 se registró la menor captura (25.88 organismos por cada 100 anzuelos). La CPUE total de ejemplares de *P. glauca*, *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus* de los 299, 847 anzuelos evaluados durante los ocho años de

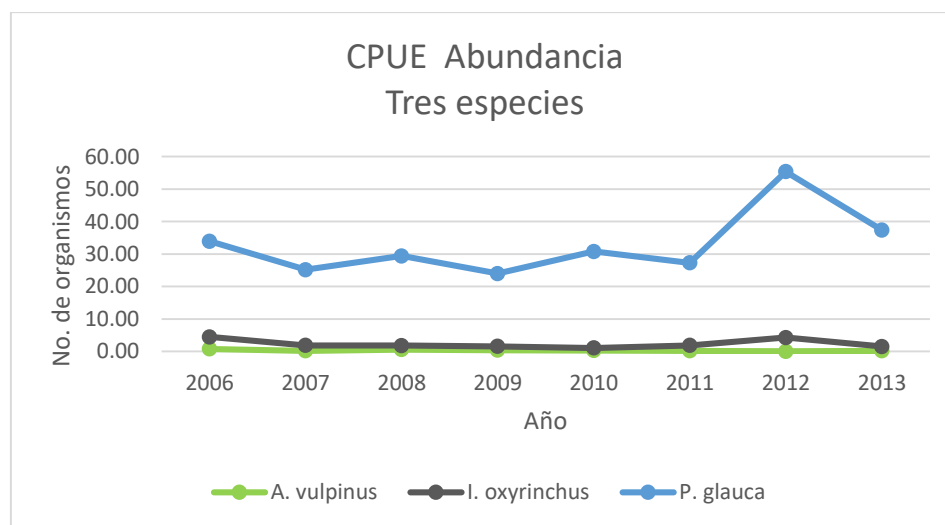
estudio fue de 285.84 organismos por cada 100 anzuelos, con un promedio de 35.73 organismos capturados por cada 100 anzuelos.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 14.14 kg y 737.73 kg, siendo 2012 el año con mayor captura y 2007 el año cuando menos captura se registró para las tres especies objeto de este estudio. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 154.35 kg por cada 100 anzuelos (Tabla 17).

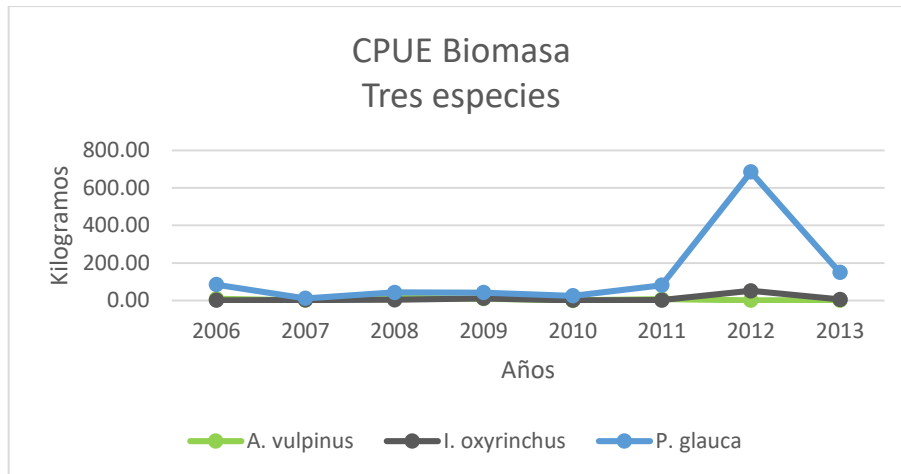
Tabla 25. Captura por Unidad de Esfuerzo de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.

<i>P. glauca, I. oxyrinchus y A. vulpinus</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. ANZUELOS	CPUE/BIOMASA	CPUE/ABUNDANCIA
2006	9,139	21,681.00	23,314	93.00	39.20
2007	21,266	11,054	78,175	14.14	27.20
2008	16,690	31,088	52,437	59.29	31.83
2009	8,949	21,300	34,576	61.60	25.88
2010	17,178	12,548	50,922	24.64	33.73
2011	8,321	25,259	28,405	88.92	29.29
2012	3,879	47,982	6,504	737.73	59.64
2013	9,966	39,663.20	25,514	155.46	39.06
TOTAL	95,388.00	210,575.20	299,847.00	1,234.78	285.84
PROMEDIO	11,923.50	26,321.90	37,480.88	154.35	35.73

En las gráficas 26 y 27 se muestra el comportamiento de la captura de tiburón durante el período de estudio utilizando como medida de esfuerzo el número de anzuelos.



Gráfica 26. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.



Gráfica 27. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de tres especies de tiburón de importancia comercial en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: Anzuelos.

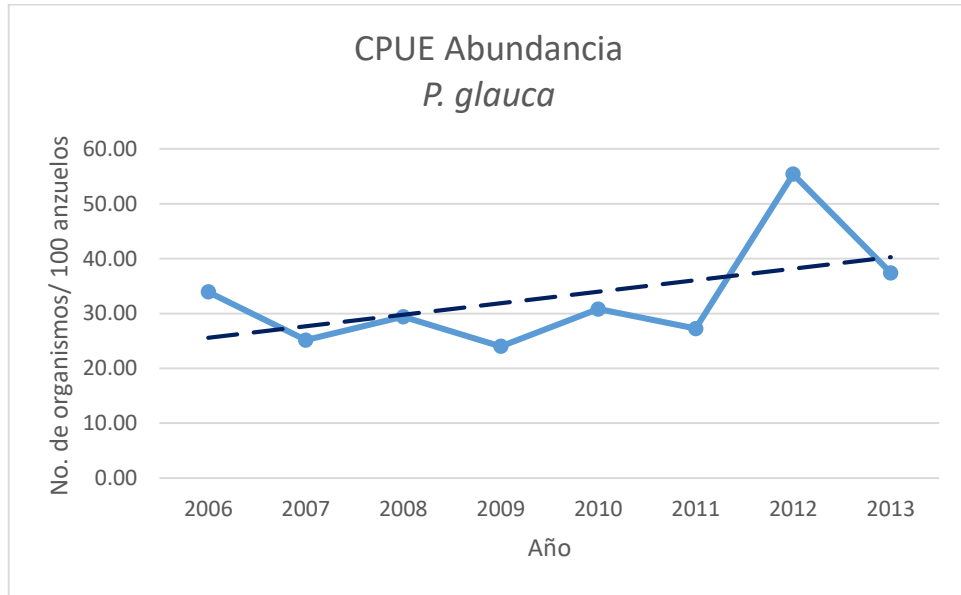
La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia (número de ejemplares capturados por año) y tomando como unidad de esfuerzo el número de anzuelos, mostró que durante el año 2012 hubo mayor captura de *P. glauca* (55.38 organismos por cada 100 anzuelos), mientras que durante 2009 se registró la menor captura (24 organismos por cada 100 anzuelos). La CPUE total de ejemplares de *P. glauca* de los 299,847 anzuelos evaluados durante los ocho años de estudio fue de 263.31, con un promedio de 32.91 organismos capturados por cada 100 anzuelos.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 11.06 kg y 685.44 kg, siendo 2012 el año con mayor captura y 2007 el año cuando menos captura de *P. glauca* se registró por este estudio. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 139.93 kg por cada 100 anzuelos (Tabla 18).

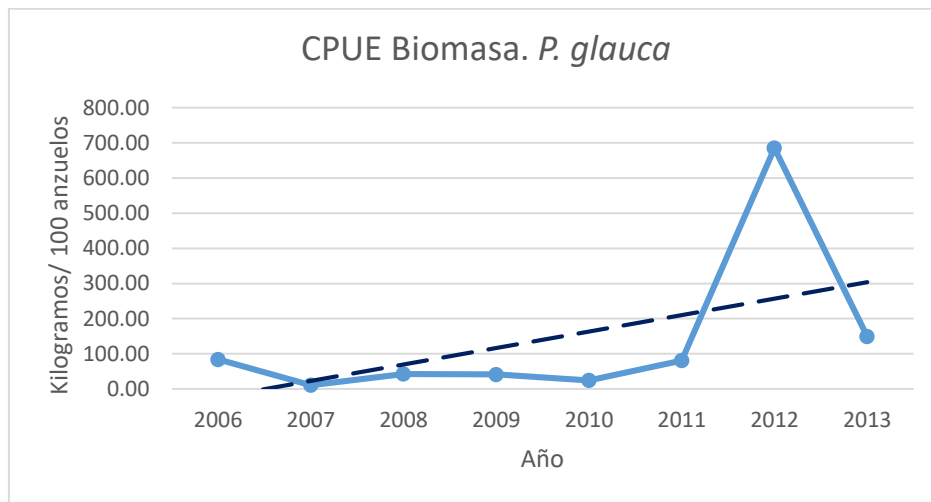
Tabla 26. Captura por Unidad de Esfuerzo de *P. glauca* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.

<i>P. glauca</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. ANZUELOS	CPUE/BIMASA	CPUE/ABUNDANCIA
2006	7,912	19,582.50	23,314	83.99	33.94
2007	19,651	8,649	78,175	11.06	25.14
2008	15,416	22,460	52,437	42.83	29.40
2009	8,298	14,244	34,576	41.20	24.00
2010	15,685	12,403	50922	24.36	30.80
2011	7,743	23,037	28405	81.10	27.26
2012	3,602	44,581	6504	685.44	55.38
2013	9,542	38,128.20	25,514	149.44	37.40
TOTAL	87849.00	183084.70	299847.00	1119.43	263.31
PROMEDIO	10981.13	22885.59	37480.88	139.93	32.91

En las gráficas 28 y 29 se muestra el comportamiento de la captura de *P. glauca* durante el período de estudio utilizando como medida de esfuerzo el número de anzuelos.



Gráfica 28. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de *P. glauca* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: anzuelos.



Gráfica 29. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de *P. glauca* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: anzuelos.

La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia (número de ejemplares capturados por año) y tomando como unidad de esfuerzo el número de anzuelos, mostró que durante el año 2006 hubo mayor captura de *I. oxyrinchus* (4.46 organismos por cada 100 anzuelos), mientras que durante 2010 se registró la menor captura (1.06 organismos por cada 100 anzuelos). La CPUE total de ejemplares de *I. oxyrinchus* de los 299,847

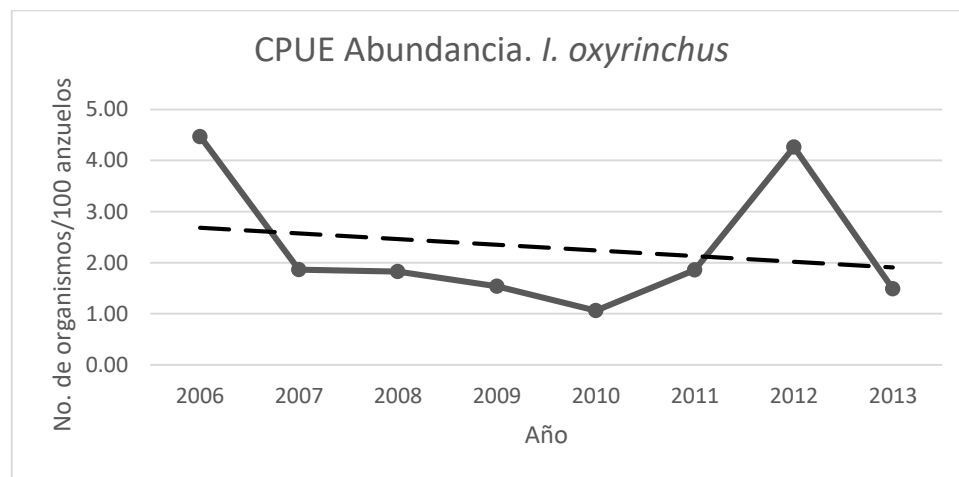
anzuelos evaluados durante los ocho años de estudio fue de 18.37, con un promedio de 2.30 organismos capturados por cada 100 anzuelos.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 0.285 kg y 51.36 kg, siendo 2012 el año con mayor captura y 2010 el año cuando menos captura de *I. oxyrinchus* se registró por este estudio. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 9.35 kg por cada 100 anzuelos (Tabla 19).

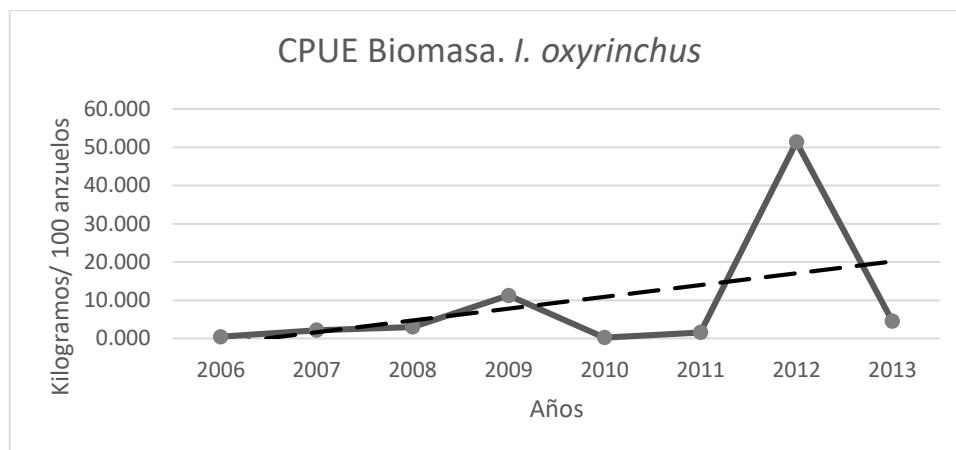
Tabla 27. Captura por Unidad de Esfuerzo de *I. oxyrinchus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.

<i>I. oxyrinchus</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. ANZUELOS	CPUE/BIOMASA	CPUE/ABUNDANCIA
2006	1,043	109.5	23,314	0.470	4.47
2007	1,457	1,709	78,175	2.186	1.86
2008	956	1,590	52,437	3.032	1.82
2009	532	3,892	34,576	11.256	1.54
2010	542	145	50,922	0.285	1.06
2011	527	461	28,405	1.623	1.86
2012	277	3,341	6,504	51.368	4.26
2013	380	1,161	25,514	4.550	1.49
TOTAL	5,714.00	12,408.50	299,847.00	74.77	18.37
PROMEDIO	714.25	1,551.06	37,480.88	9.35	2.30

En las gráficas 30 y 31 se muestra el comportamiento de la captura de *I. oxyrinchus* durante el período de estudio utilizando como medida de esfuerzo el número de anzuelos.



Gráfica 30. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de *I. oxyrinchus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.



Gráfica 31. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de *I. oxyrinchus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: Anzuelos.

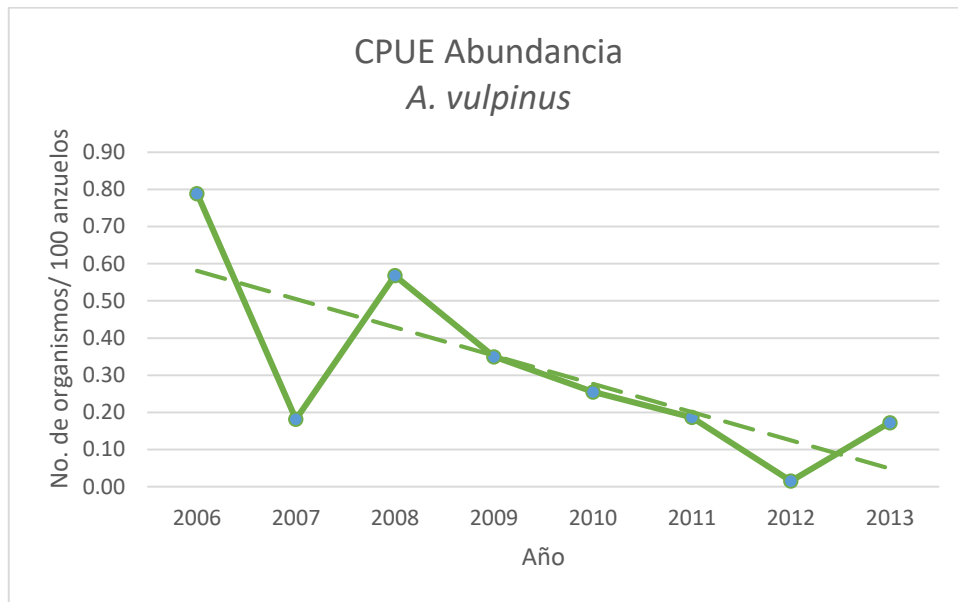
La estimación de la CPUE expresada en términos de abundancia (número de ejemplares capturados por año) y tomando como unidad de esfuerzo el número de anzuelos, mostró que durante el año 2008 hubo mayor captura de *A. vulpinus* (0.57 organismos por cada 100 anzuelos), mientras que durante 2012 se registró la menor captura (0.02 organismos por cada 100 anzuelos). La CPUE total de ejemplares de *A. vulpinus* de los 299,847 anzuelos evaluados durante los ocho años de estudio fue de 2.52, con un promedio de 0.31 organismos capturados por cada 100 anzuelos.

En términos de biomasa, la CPUE osciló entre 0.89 kg y 13.42 kg, siendo 2008 el año con mayor captura y 2007 el año cuando menos captura de *A. vulpinus* se registró por este estudio. Debido a que durante el año 2010 no se registraron datos de biomasa (peso en kg de los organismos), no fue posible calcular la captura por unidad de esfuerzo para ese año. El promedio de CPUE durante 2006-2013 fue de 5.80 kg por cada 100 anzuelos (Tabla 20).

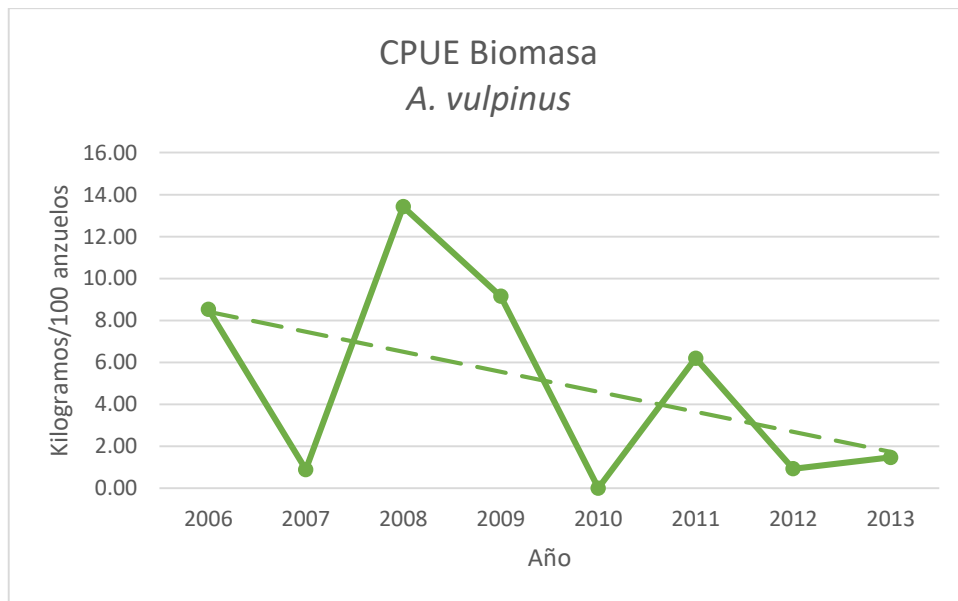
Tabla 28. Captura por Unidad de Esfuerzo de *A. vulpinus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos

<i>A. vulpinus</i>					
AÑO	ABUNDANCIA	BIOMASA	NO. ANZUELOS	CPUE BIOMASA	CPUE ABUNDANCIA
2006	184	1,989	23,314	8.53	0.79
2007	142	696	78,175	0.89	0.18
2008	298	7,038	52,437	13.42	0.57
2009	121	3,164	34,576	9.15	0.35
2010	130	s/d	50,922	NA	0.26
2011	53	1,761	28,405	6.20	0.19
2012	1	60	6,504	0.92	0.02
2013	44	374	25,514	1.47	0.17
TOTAL	973.00	15,082.00	299,847.00	40.58	2.52
PROMEDIO	121.63	2,154.57	37,480.88	5.80	0.31

En las gráficas 32 y 33 se muestra el comportamiento de la captura de *A. vulpinus* durante el período de estudio utilizando como medida de esfuerzo el número de anzuelos.,



Gráfica 32. Captura por unidad de esfuerzo en abundancia (número de organismos) de *A. vulpinus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013. Unidad de esfuerzo: Anzuelos.



Gráfica 33. Captura por unidad de esfuerzo en biomasa (kg.) de *A. vulpinus* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013, Unidad de esfuerzo: Anzuelos.

Discusión

Análisis de estructura poblacional por captura total, anual y estacional.

Las capturas anuales de *P. glauca* mostraron que existe segregación por sexo, debido a que durante cada uno de los ocho años de estudio los machos fueron más abundantes que las hembras. Esta proporción fue igualmente evidente en las capturas trimestrales.

Nuestros resultados coinciden con los anteriormente reportados en el Pacífico Mexicano, específicamente en Baja California Sur (Carrera-Fernández 2004 Carrera-Fernández et al., 2010 y Castillo-Géniz et al., 2017) y en el Este del Océano Pacífico por la flota palangrera de China (Zhu et al., 2011); por otro lado, es interesante que en el mismo Pacífico Mexicano, pero en la zona de Manzanillo, Cruz-Ramírez et al., (2012) reportaron mayor abundancia de hembras que de machos y, por su parte, Briones-Mendoza et al., (2016), en el Pacífico ecuatoriano, observaron ambos sexos en la misma proporción. Si bien el esfuerzo de muestreo puede influir en este tema, Macías et al., (2015) sugieren que a mayores latitudes y longitudes los sexos se segregan, mientras que a menores latitudes y longitudes los sexos comienzan a solaparse. De ser así, esto correspondería a un patrón etológico reproductivo el cual minimizaría los encuentros entre sexos fuera de las zonas y temporadas de apareamiento (Pratt 1979, Stevens 1984, Nakano et al., 1985, Krebs y Davies 1993, Nakano 1994).

La mayor parte de la captura de tiburón azul durante 2006 a 2013 estuvo compuesta principalmente por individuos adultos (46%), lo cual coincide con lo encontrado por Cruz-Ramírez et al. (2012) en el Pacífico Central Mexicano y Furlong-Estrada et al. (2017) en el Norte del Pacífico Mexicano, pero difiere de lo reportado por Castillo-Géniz et al. (2017), ya que éstos últimos mencionan que la captura durante su período de estudio estuvo compuesta principalmente por organismos inmaduros. Es crítico aclarar este dato, ya que, con base en ello se deberían aplicar normas y políticas de manejo que permitan el desarrollo de los individuos inmaduros de ser éstos quienes están sustentando la pesquería.

En el caso de tiburón Mako (*I. oxyrinchus*) también encontramos segregación por sexos (55.8% hembras y 43.5% machos), aunque no tan marcada como lo reportado por Mucientes et al. (2009) para el sur del Océano Pacífico (66.67% de machos contra 33.34%

de hembras) lo cual pudiera deberse a que la mayor parte de nuestra captura tanto trimestral, como anual y total (69.4%) estuvo compuesta por organismos inmaduros (estadios I al III) los cuales no suelen presentar segregación por sexo sino hasta que llegan a la madurez sexual (Groenveld et. al. 2014). Esto indicaría que nuestra zona de estudio es de importancia para el crecimiento, desarrollo y madurez de esta especie.

Finalmente, la proporción de hembras y machos de *A. vulpinus* estuvo prácticamente en equilibrio (1.01:1) y la mayor parte de la captura estuvo compuesta por organismos adultos. Esto corresponde con lo reportado para esta especie, ya que los juveniles tienden a permanecer cercanos a la costa en aguas más cálidas (Cartamil et. al. 2016). Cabe mencionar que previo a la entrada en vigor de la NOM-029-PESC-2006, se utilizaba red agallera en la pesquería de mediana altura y es con esta arte que solía capturarse grandes cantidades de tiburón Zorro sobre todo en el Alto Golfo de California; el período de tiempo que fue analizado en este estudio abarca un año previo al cambio en las políticas pesqueras, por lo que parte de los resultados obtenidos para esta especie corresponde a organismos capturados con red y, posterior a 2007, ya no se recabó información del Alto Golfo de California de esta especie.

Captura Por Unidad de Esfuerzo.

Los cálculos del esfuerzo pesquero realizado con tres unidades distintas muestran que la pesquería de *P. glauca* tuvo una tendencia al alza durante 2006-2013 y, debido a que la pendiente fue positiva y con valor mayor a uno, podemos inferir que, esta especie se encuentra en recuperación después de un período de intensa explotación, lo anterior con base en lo mencionado por Macías-Zamora et. al (1994). Esta aparente resiliencia hacia el esfuerzo pesquero fue también reportada por CONAPESCA (2015) y podría estar dada por las características biológicas que hacen a *P. glauca* una especie altamente productiva en comparación con otras especies de elasmobranquios que son objetivo de la pesca comercial en el Pacífico Mexicano. Algunas de estas características son: relativa amplia abundancia, amplia distribución geográfica, rápido crecimiento y alta fecundidad (Suda 1953, Gubanov y Grigor'yev 1975, Pratt 1979, Stevens 1984, Stevens y McLoughlin 1991, Nakano 1994, Castro y Mejuto 1995, Snelson et al.. 2008, Campana et. al. 2009). Al margen de lo anterior es importante recordar que hacen falta más estudios que complementen la información

biológica-pesquera que se tiene a la fecha de esta especie, así como realizar modelaciones de distintos escenarios que pudiesen cambiar el patrón hasta ahora observado, ya que, es difícil saber cómo responderá la especie de alterarse las actuales condiciones pesqueras (cambiar las políticas, incrementarse el esfuerzo, actualizar las tecnologías de pesca) o ambientales.

Es interesante que, en el caso de *I. oxyrinchus*, la CPUE en términos de biomasa presentó siempre una pendiente positiva con las tres unidades de esfuerzo evaluadas, lo que podría indicar que esta especie se encuentra en recuperación tras un período de explotación intenso (Macías-Zamora et. al. 1994). Sin embargo, al observar la CPUE en términos de número de organismos, encontramos que la tendencia es distinta para cada unidad de esfuerzo: cuando la CPUE fue evaluada por cada 100 anzuelos, la pendiente fue negativa; al ser evaluada por el número de lances, la pendiente es cercana a cero y cuando se estimó la captura por crucero, la pendiente fue positiva. Esto puede ser interpretado en el sentido de que, si bien durante el período de estudio hubo mayor captura de organismos por cada 100 anzuelos y la pendiente refleja una pesquería subexplotada, esto no se vió reflejado en la captura total de los cruceros ya que su tendencia coincide con las capturas estimadas en biomasa, reflejando que, de cualquier manera, la pesquería de esta especie muestra signos de haber sido explotada intensamente y se encuentra actualmente en recuperación, tal como lo señalan Sosa-Nishizaki et. al (2017).

Todo lo anterior denota la importancia tanto de la estandarización de la CPUE como de la evaluación de los índices que son comúnmente utilizados para analizar la salud y estabilidad de las especies y poblaciones que sustentan las pesquerías, ya que son estos estudios los que dan base a la toma de decisiones de conservación y manejo del recurso tiburón, tales como la reciente integración de *I. oxyrinchus* al apéndice II de la CITES (COP18 2019).

Finalmente, aunque los cálculos de la CPUE en términos de número de organismos, así como de biomasa, reflejan que *A. vulpinus* se encuentra subexplotado, es necesario recordar que: a pesar de ser organismos pelágicos, la distribución de *A. vulpinus* se ve fuertemente influenciada por la temperatura superficial del mar (TSM), lo cual implica que su captura suele darse por temporadas y no durante todo el año, a excepción de la pesquería con puerto

de arribo en Ensenada (Compagno 1984, Medina-Bautista 2014); además, su distribución en la columna de agua varía dependiendo de la disponibilidad de alimento (Cartamil et. al. 2011). Estas características biológico-pesqueras lo hacen menos susceptible al palangre utilizado en la pesquería de mediana altura a partir de la entrada en vigor de la NOM-029-PESC-2006, y esto implicaría que la tendencia observada en la CPUE para esta especie podría no reflejar su abundancia real.

Conclusiones

- El Pacífico Mexicano parece ser una zona de congregación para los machos adultos de *P. glauca* ya que la mayor parte de la captura estuvo compuesta por dicho sexo y estadio de madurez durante los ocho años de estudio (2006-2013).
- La población de tiburón azul (*P. glauca*) en nuestra área de estudio y durante los años 2006-2013 muestra señales de recuperación, lo que refleja tanto la resiliencia de esta especie al esfuerzo pesquero como el éxito de las políticas pesqueras para el manejo y conservación del recurso tiburón.
- El Pacífico Mexicano constituye una zona donde *I. oxyrinchus* permanece durante su crecimiento y madurez sexual, debido a que los porcentajes de individuos juveniles y adultos encontrados fueron muy cercanos, además de observar segregación sexual no tan marcada como en otras zonas del Océano Pacífico.
- Si bien la población de tiburón mako (*I. oxyrinchus*) parece encontrarse en recuperación, es imprescindible llevar a cabo más estudios, así como la estandarización de la CPUE con el objetivo de discernir qué factor influye en los resultados del análisis de la captura por anzuelos y por lance.
- La aplicación de la NOM-029-PESC-2006 ha beneficiado a la especie *A. vulpinus*, puesto que la conjunción de sus patrones de distribución vertical y horizontal con el cambio en el arte de pesca utilizada por las embarcaciones de mediana altura en el Pacífico Mexicano la han hecho menos susceptible a la captura; sin embargo, es necesario llevar a cabo la estandarización de la CPUE así como recabar mayor información biológico-pesquera de esta especie que ayude a corroborar los resultados obtenidos en este estudio, tanto de abundancia como de composición del stock.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS BIO-ECOLÓGICO

Resumen

La determinación de rangos de edades de un stock, tallas medias de madurez sexual y estimación de relaciones biométricas son imprescindibles para la gestión de recursos pesqueros y cuando el recurso en cuestión presenta tiempos largos de recuperación ante los impactos de la pesca, como es el caso de los tiburones, esto adquiere aún más relevancia. La preferencia de hábitat de los organismos suele estar relacionada con parámetros ambientales como la Temperatura Superficial del Mar (TSM); en este sentido, las zonas de crianza de tiburones son hábitats preferenciales de neonatos y juveniles donde suelen permanecer por tiempo prolongado y que, de encontrarse cerca o dentro de zonas de pesca representaría un riesgo para la conservación de las especies. En este estudio aplicamos la ecuación inversa de von Bertalanffy para la determinación de edades a partir de las longitudes totales de los organismos, mediante un modelo linear generalizado obtuvimos la talla media de madurez sexual y con la aplicación de un modelo lineal y uno potencial encontramos las relaciones biométricas entre la Longitud Furcal y Longitud Total y entre el Peso y la Longitud Total, respectivamente. Así mismo relacionamos la distribución de neonatos y juveniles de un año de las tres especies de estudio con la TSM de forma trimestral con el objetivo de identificar patrones de migración o zonas de crianza. Los resultados obtenidos mostraron que la edad que se encontró con mayor frecuencia en la captura de *Prioance glauca* fue de 4 años para hembras y 9 para machos; y la captura de *Isurus oxyrinchus* y *Alopias vulpinus* estuvo compuesta principalmente por juveniles de 3 años. Las tallas medias de madurez sexual de *P. glauca* y de los machos de *I. oxyrinchus* encontradas en este estudio coincidieron con lo encontrado en literatura para estas especies, no así el caso de las hembras de tiburón mako y machos y hembras de tiburón zorro. Las relaciones entre Longitud Furcal y Longitud Total estuvieron bien sustentadas por el coeficiente de determinación a diferencia de la relación entre el Peso y la Longitud Total, donde los valores de correlación estuvieron entre 0.6 y 0.4. Finalmente, se encontró que la costa de Baja California y Baja California Sur es una zona de importancia para los neonatos y juveniles de un año de tiburón azul y tiburón mako. Es necesario llevar a cabo más estudios para aseverar algo al respecto de las zonas de crianza de *A. vulpinus* así como de sus relaciones biométricas.

Introducción

En México, como en muchas partes del mundo, los tiburones son un recurso pesquero importante y, para asegurar el apropiado manejo de los stocks es necesario conocer obtener información sobre la edad y crecimiento de los organismos. Con estos datos, se pueden determinar la longevidad de las especies, edad de madurez sexual, tasas de crecimiento y diferencias de crecimiento entre machos y hembras (NEFSC, 2020). En los peces cartilagosos el cálculo de la edad suele realizarse mediante la tinción de partes duras como espinas y vértebras para el conteo de bandas de crecimiento (Ketchen 1975, Haskel 1949, Ishiyama 1951, Stevens 1975, Cailliet et al.. 1983a, 1983b). Sin embargo, en ocasiones, es necesario conocer la edad de un pez con base en su talla, tal cual es el caso al trabajar con datos de bitácoras de observadores; y para esto se aplica la ecuación inversa de Von Bertalanffy (FAO 1969). Por otro lado, la madurez sexual en el caso de los machos es fácilmente identificable, ya que, para alcanzar el éxito reproductivo, los clasper (órganos copulatorios erectibles) deben encontrarse altamente calcificados y tener completa rotación para facilitar la cópula (Callard et al.. 1988, Clark y Von Schmidt 1965); sin embargo, en las hembras no existe algún carácter externo que sea asociable con su grado de madurez sexual, mas allá de la longitud total que ha sido reportada en literatura.

La distribución de los juveniles del año o neonatos, ha sido utilizada para identificar zonas de crianza para tiburones; las cuales se definen como aquellos sitios donde se encuentra mayor abundancia de tiburones, donde los juveniles permanecen (o al cual regresan) por periodos prolongados y que son utilizados de la misma manera durante varios años (Heupel et al.. 2007). En este trabajo analizamos si la Temperatura Superficial del Mar pudiera estar relacionada con la distribución de neonatos y juveniles de tiburón azul, mako y zorro, y con base en esto definir zonas de crianza para las tres especies estudiadas.

Metodología

Estimación de la edad.

Las longitudes totales (LT) fueron empleadas para calcular la edad de los organismos mediante la ecuación inversa de Von Bertalanffy:

$$t = t_0 - (1/K) * \ln(1 - L_t/L_\infty)$$

Donde:

t =Edad expresada al tiempo t .

t_0 = Tiempo hipotético donde los especímenes tienen una longitud igual a cero.

k =constante de crecimiento somático

L_t =Longitud total del espécimen a un instante t

L_∞ =Longitud máxima promedio alcanzada (asíntota)

Para dicho cálculo se utilizaron parámetros de crecimiento específicos para cada especie según lo reportado en literatura (Tabla 21).

Tabla 29. Parámetros de crecimiento utilizados por especie para el cálculo de la edad mediante la ecuación inversa de Von Bertalanffy

Especie	Sexo	Parámetro de crecimiento			Cita bibliográfica
		L_∞	k	t_0	
<i>P. glauca</i>	Machos	401 cm	0.01	-2.44	Blanco-Parra et al.. (2008)
	Hembras	426 cm	0.15	-2.15	
<i>I. oxyrinchus</i>	Sexos combinados	410 cm	0.05	-4.70	Ribot-Carballal (2003)
<i>A. vulpinus</i>	Sexos combinados	431 cm	0.19	-2.08	Smith et al.. (2008)

Debido a que muchas veces las hembras preñadas al ser sometidas a estrés extremo abortan a los embriones, como sería el caso de las que son capturadas en la pesca, en algunas ocasiones suelen encontrarse en las bitácoras de observadores organismos con una talla de nacimiento menor a la reportada en la literatura para una especie dada. Por otro lado, y en el entendido de la dificultad del trabajo del observador, suele pasar que no siempre hay tiempo de medir a los organismos como el protocolo lo marca, por lo que su LT es estimada a simple vista generando cierta incertidumbre en los datos. Por lo anteriormente

mencionado los valores extremos (outliers) que no coincidieran con la LT reportada en la literatura para cada una de las especies de estudio fueron eliminados de este análisis.

Talla media de madurez sexual

Las ojivas de madurez fueron construidas con base en la calcificación del clasper en los machos de cada especie y la LT de madurez sexual que la literatura indica en el caso de las hembras. Los organismos fueron agrupados en clases de talla de 4cm de LT. Para estimar la talla de madurez se aplicó un modelo logístico de la familia de los modelos lineales generalizados (GLM) que fue ajustado a datos binomiales. Todo lo anterior se llevó a cabo en el ambiente R (R Development Core Team, 2016). Los datos de organismos de LT muy grande catalogados como “inmaduros” y los de LT muy chica catalogados como “maduros” fueron eliminados del análisis por considerarse error humano.

Cálculo de relaciones biométricas

Para conocer la relación ente la longitud total (LT) y la longitud furcal (LF) así como la relación entre la LT y el peso (P) en ambos sexos de cada especie, se utilizaron las siguientes ecuaciones de regresión lineal y regresión potencial (respectivamente):

$$LT = a * FL + b \qquad P = a * TL^b$$

Donde a y b son los parámetros descriptores de las líneas de regresión. Estos parámetros fueron ajustados con el método de los mínimos cuadrados para asegurar el mejor ajuste en ambas ecuaciones de regresión. Después de linearizar los datos y corroborar la homogeneidad de las curvas, se llevó a cabo un análisis de covarianza (ANCOVA) para detectar diferencias estadísticas entre hembras y machos de cada especie, estableciendo el peso como variable dependiente y como covariable el sexo. Para la relación longitud-peso los datos fueron log transformados antes de probar la homogeneidad de las curvas.

Análisis de la distribución de juveniles

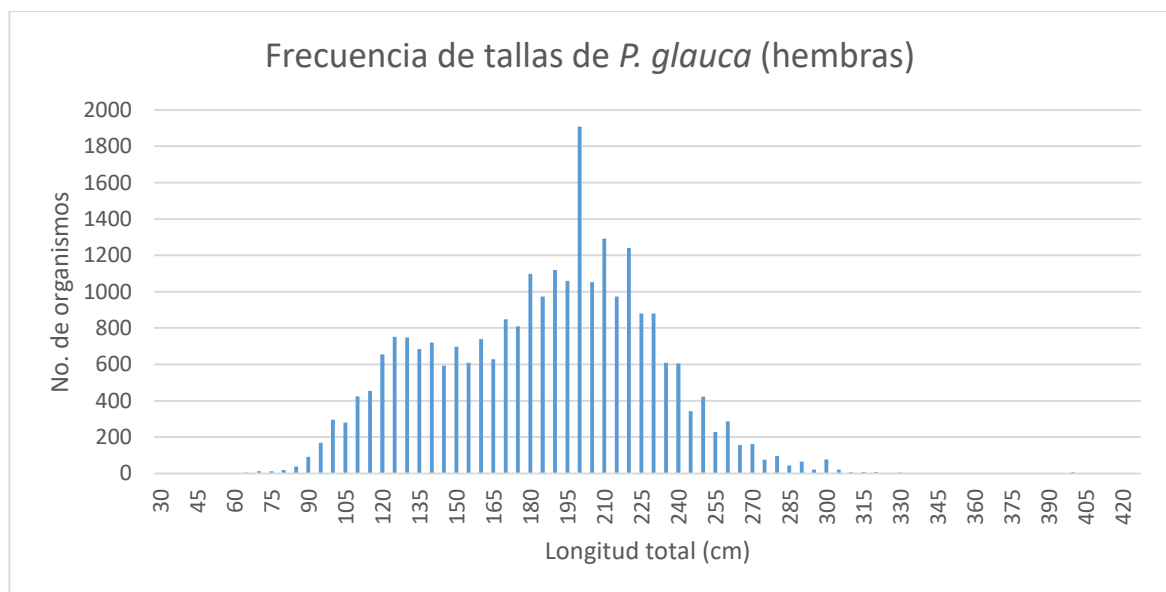
Se llevaron a cabo mapas de distribución trimestral de neonatos y juveniles de un año de edad, así como mapas con de la temperatura superficial del mar (TSM) con el fin de relacionar la presencia y distribución de los primeros en relación a la TSM. Esto se llevó a cabo en el ambiente R (R Development Core Team, 2016).

Resultados

Estimación de la edad

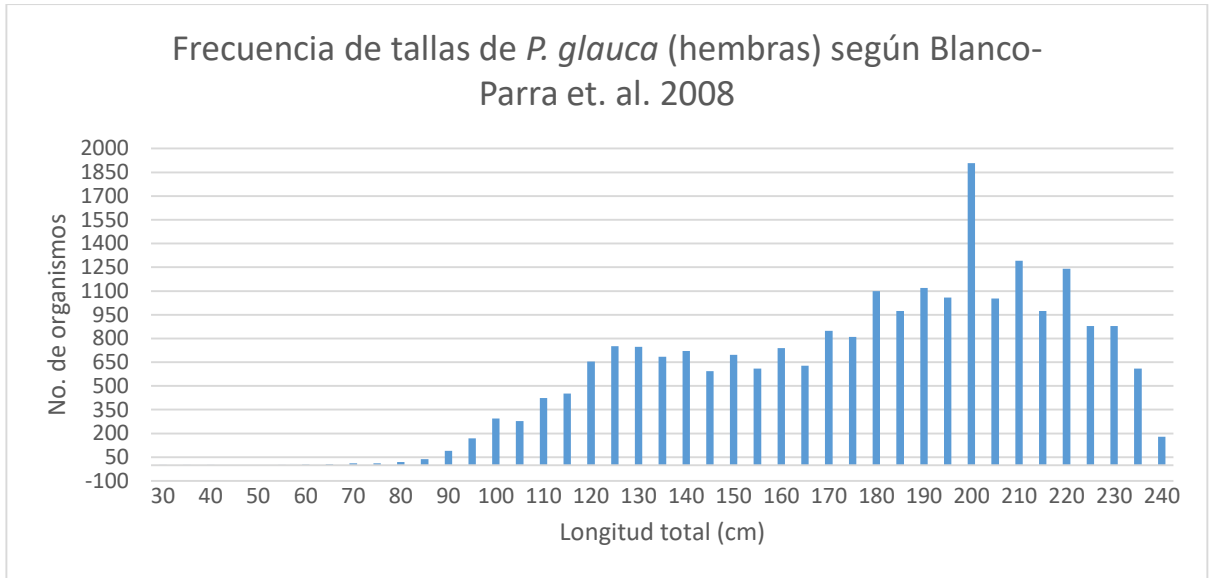
Prionace glauca

De los 26,049 datos de hembras de tiburón azul recabados de durante los ocho años de análisis, 36 datos fueron excluidos debido a que carecían de la información sobre Longitud Total (LT) del organismo, los 26,013 datos restantes de LT se encontraron en un rango de 30-425cm con un promedio de 184cm (± 44 cm SD) y una mediana de 189cm (Gráfica 34). Sin embargo, de la información antes mencionada 2,499 datos excedían la LT reportada por Blanco-Parra et .al. (2008), por lo que 23,550 datos fueron utilizados para la estimación de la edad.

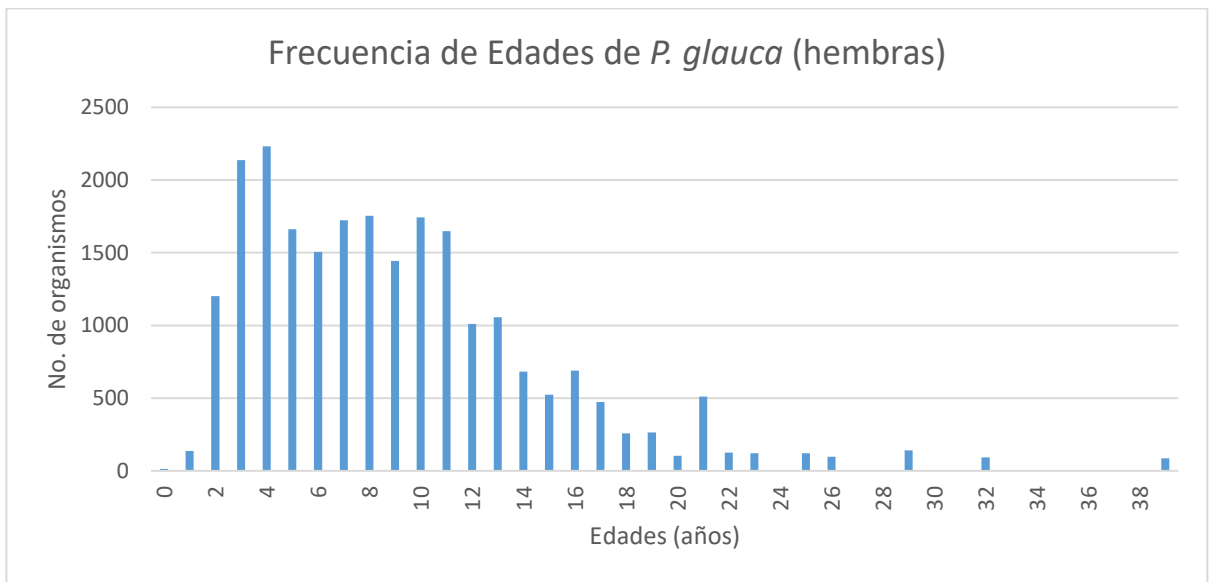


Gráfica 34. Histograma de frecuencias de tallas de las hembras de *P. glauca* capturadas durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano

El rango de tallas de los datos acotados según Blanco-Parra et. al (2008) fue de 30-237 cm de LT (Gráfica 35), con un promedio de 176cm (± 38 cm SD) y una mediana de 183cm. La edad máxima estimada para las hembras fue de 39 años y la mayoría de los organismos capturados fueron juveniles de 4 años de edad con LT que van de los 136cm a los 149cm (Gráfica 36).



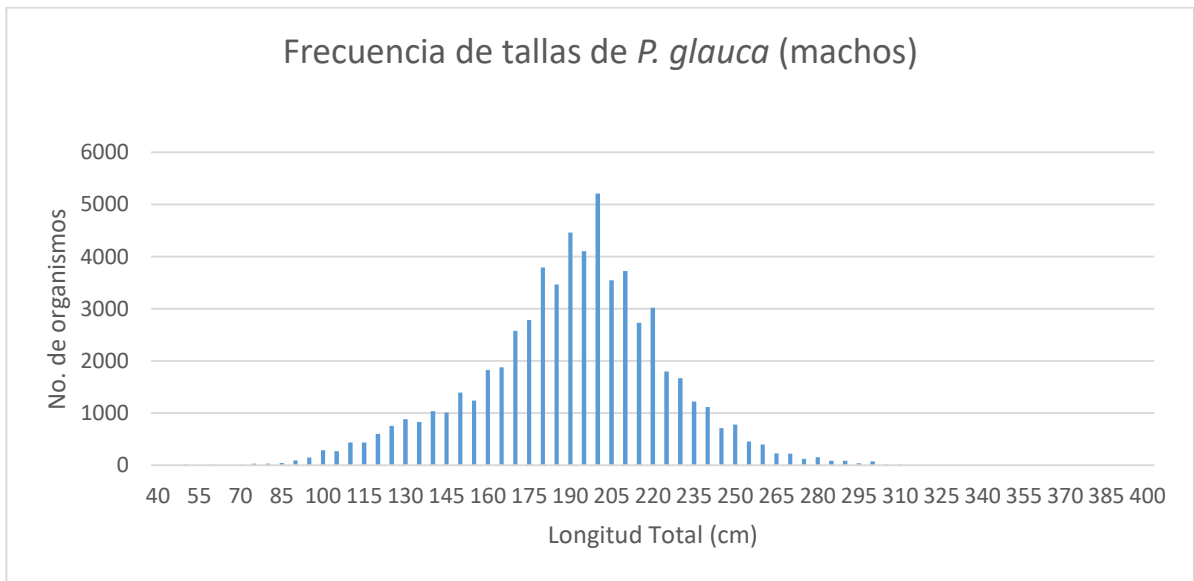
Gráfica 35. Histograma de frecuencias de tallas acotadas según Blanco-Parra et. al. 2008 para *P. glauca* (hembras)



Gráfica 36. Histograma de frecuencia de edades de *P. glauca* (hembras)

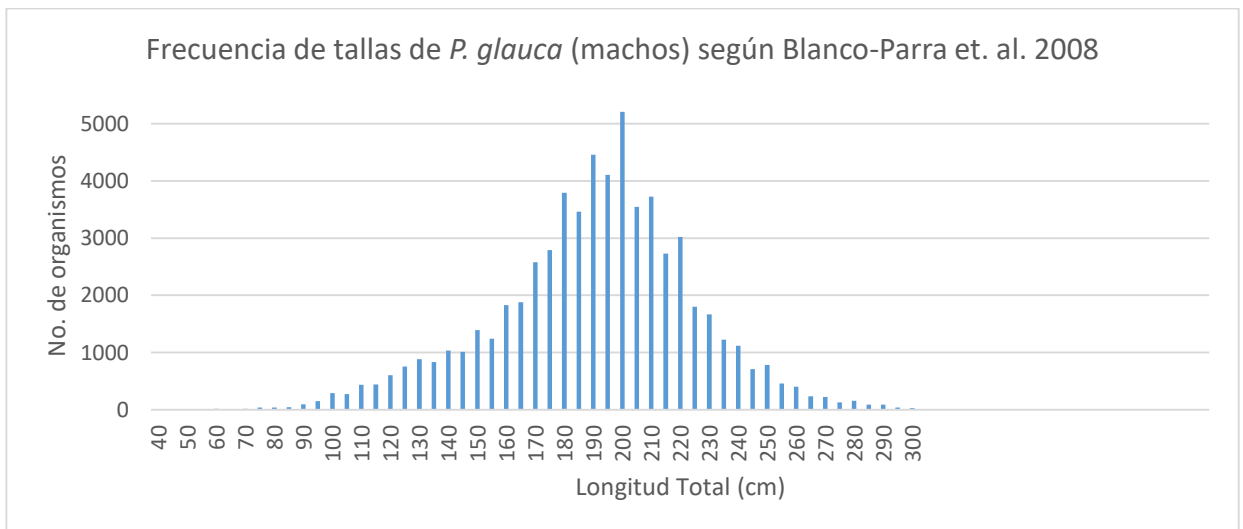
En el caso de los machos, de los 62,169 registros, 130 carecen del dato de la LT del organismo y 4 tenían un valor de 0 cm, por lo que fueron excluidos de este análisis. El promedio de las LT de 62,035 machos fue de 189cm (± 35 cm SD) con una mediana de 191cm (Gráfica 37). Una vez seleccionando los datos iguales o menores de 299.85cm (L_{∞}

reportada para machos por Blanco-Parra et. al. 2008), el cálculo de las edades se realizó con 61,194 organismos.

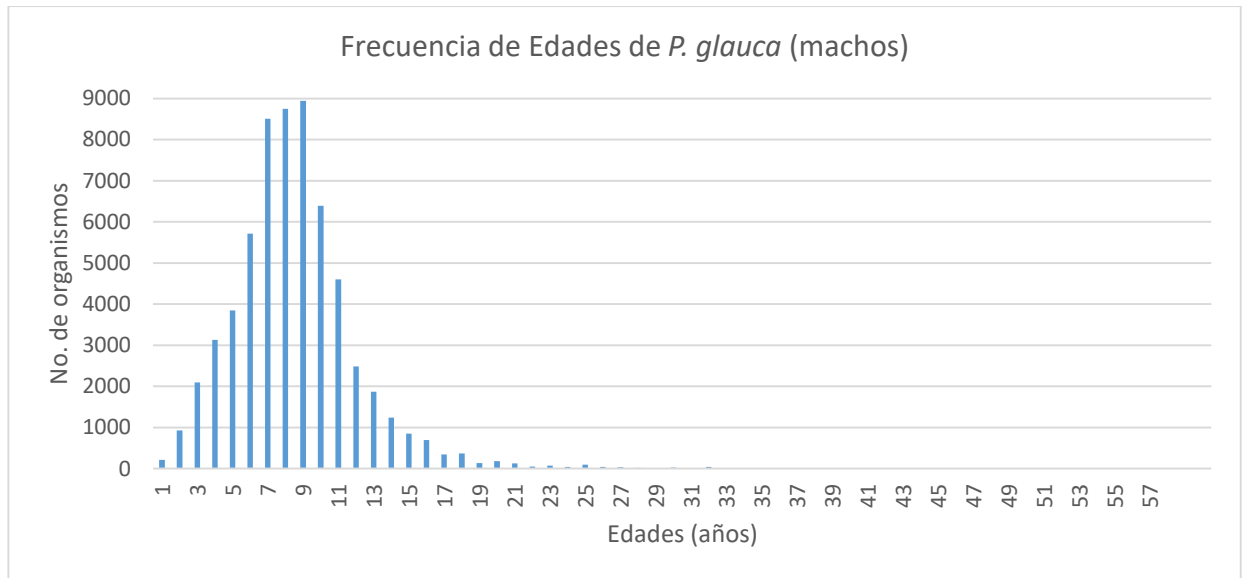


Gráfica 37. Histograma de frecuencias de tallas de los machos de *P. glauca* capturados durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano

El rango de tallas de los datos depurados acorde a lo reportado por Blanco-Parra et. al (2008) fue de 40-299.85 cm de LT (Gráfica 38), con un promedio de 189cm (± 34 cm SD) y una mediana de 191cm. La edad máxima estimada de los machos fue de 57 años y la mayoría de los organismos capturados fueron adultos de 9 años de edad con LT que van de los 200cm a los 208.6cm (Gráfica 39).



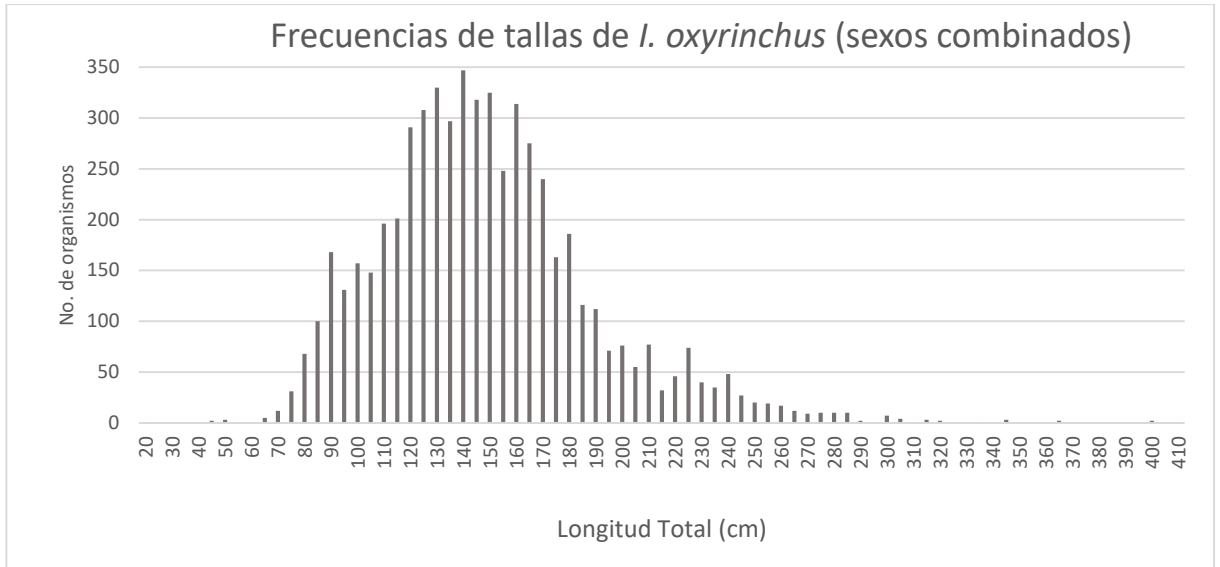
Gráfica 38. Histograma de frecuencias de tallas acotadas según Blanco-Parra et. al. 2008 para *P. glauca* (machos)



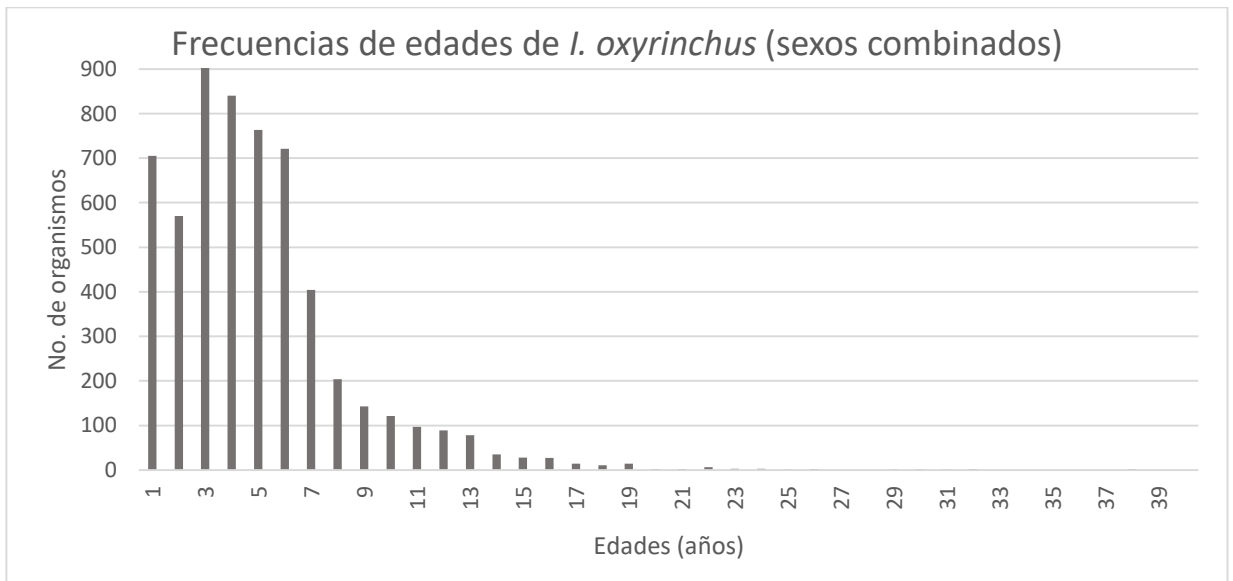
Gráfica 39. Histograma de frecuencia de edades de *P. glauca* (machos)

Isurus oxyrinchus

El rango de tallas de 5,812 ejemplares de *I. oxyrinchus* estuvo entre los 20cm a los 408cm de LT, con un promedio de 147cm (± 41 cm SD) y una mediana de 142 cm de LT. Los 5 organismos restantes fueron excluidos del análisis debido a que carecían de información sobre su talla (Gráfica 40). Debido a que la talla máxima de los organismos dentro de la base de datos es menor a la L_{∞} reportada por Ribot-Carballal et. al. (2005), no fue necesario hacer una depuración de datos y la estimación de edades se llevó a cabo con los 5,812 organismos antes mencionados. La edad máxima calculada para los sexos combinados de *I. oxyrinchus* fue de 94 años (del cual se tiene registro sólo de un organismo, seguido de dos ejemplares con 38 años), sin embargo, la mayoría de los organismos capturados fueron juveniles de 3 años de edad, con una LT de los 125cm – 138cm de LT (Gráfica 41).



Gráfica 40. Histograma de frecuencias de tallas de los machos de *I. oxyrinchus* capturados durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano

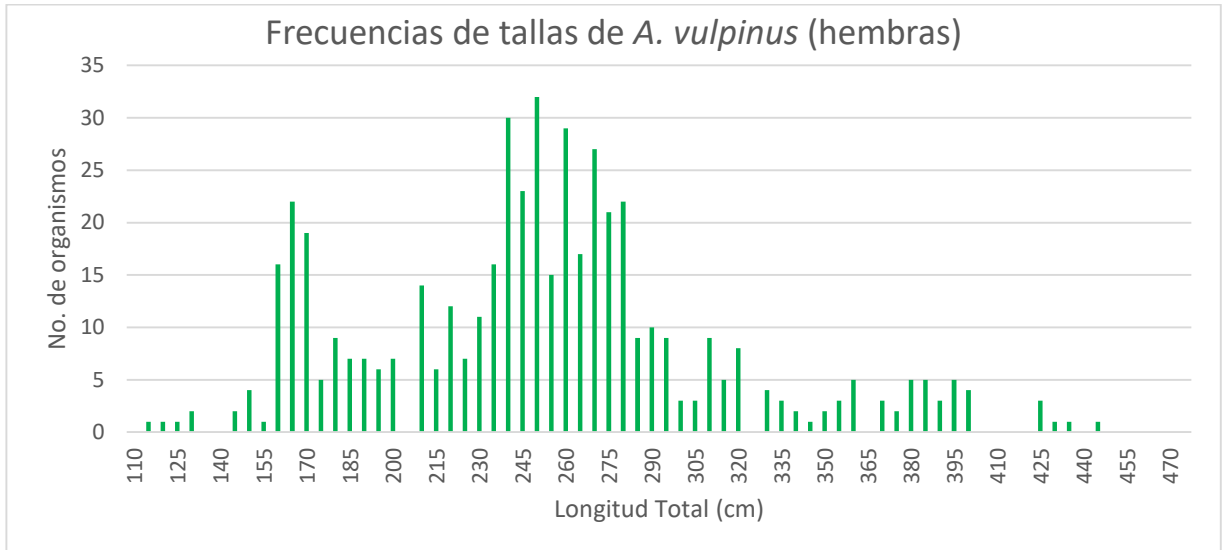


Gráfica 41. Histograma de las frecuencias de edades de *I. oxyrinchus* capturados durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano (sexos combinados).

Alopias vulpinus

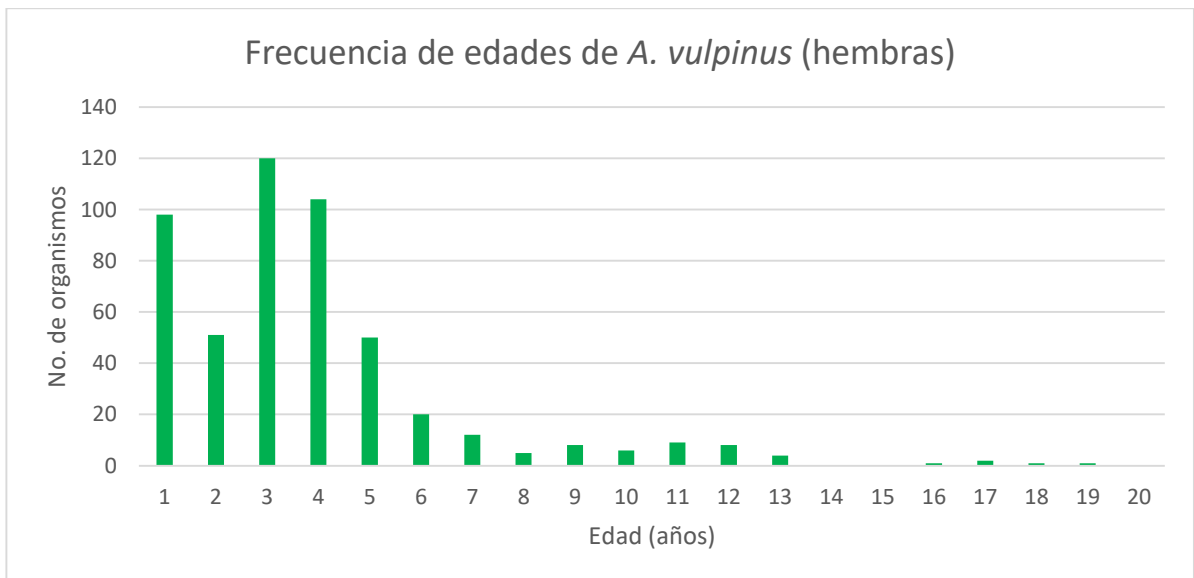
De los 511 datos de hembras de tiburón zorro recabados de durante los ocho años de análisis, 9 datos fueron excluidos debido a que carecían de la información sobre Longitud Total (LT) del organismo, los 502 datos restantes de LT se encontraron en un rango de 112-425cm con un promedio de 251cm (± 62 cm SD) y una mediana de 250cm (Gráfica 42).

Finalmente, un dato excedía la LT reportada por Smith et .al. (2008), por lo que 501 datos fueron utilizados para la estimación de la edad.



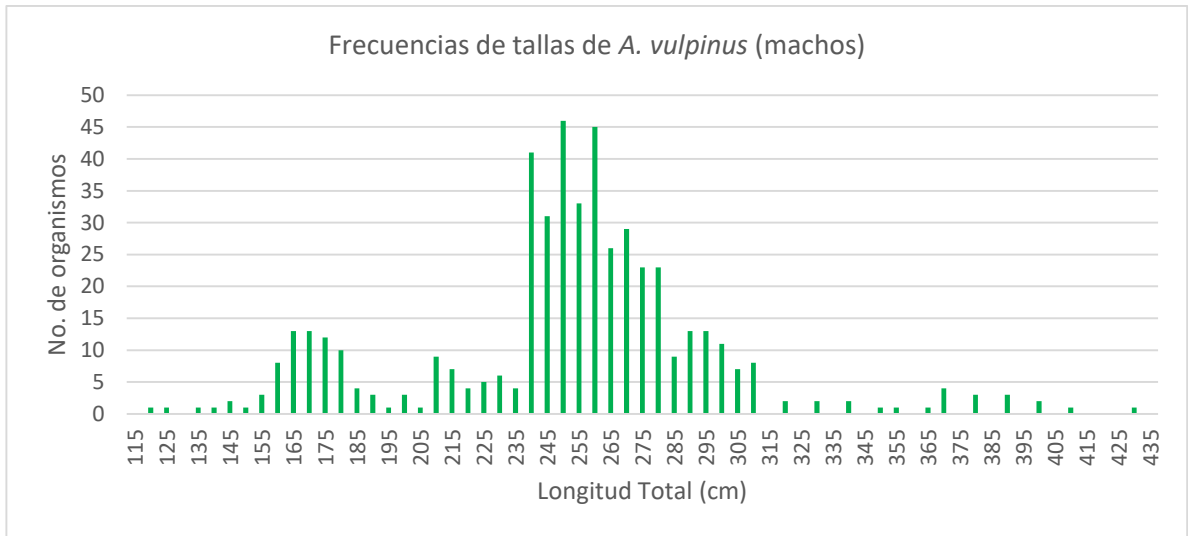
Gráfica 42. Histograma de frecuencia de tallas de las hembras de *A. vulpinus* capturadas durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano.

La edad máxima estimada para las hembras fue de 21 años y la mayoría de los organismos capturados fueron juveniles de 3 años de edad con LT que van de los 240cm a los 265cm (Gráfica 43).



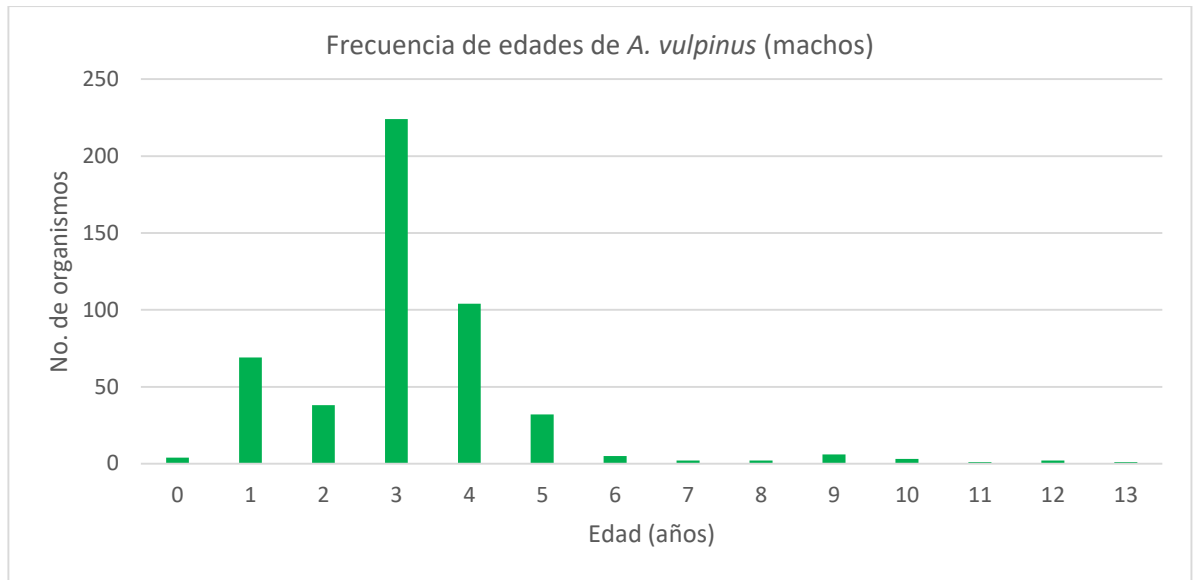
Gráfica 43. Histograma de frecuencias de las edades calculadas para *A. vulpinus* (hembras)

En el caso de los machos, de los 504 registros, 10 carecen del dato de la LT del organismo, por lo que fueron excluidos de este análisis. El promedio de las LT de 494 machos fue de 250cm (± 47 cm SD) con una mediana de 253cm (Gráfica 44). Cabe señalar que todos los datos fueron incluidos en la estimación de edades debido a que la longitud total máxima encontrada es menor que el valor de L_{∞} reportado por Smith et. al. (2008).



Gráfica 44. Histograma de frecuencias de tallas de los machos de *A. vulpinus* capturados durante 2006-2013 en el Pacífico Mexicano.

La edad máxima estimada para los machos fue de 31 años (edad de la cual sólo se encontró un organismo, seguido por uno de 13 años y 2 de 12 años); sin embargo, la mayor parte de los machos capturados por la pesquería fueron juveniles de 3 años de edad cuya LT se encontró entre los 250cm y 280cm (Gráfica 45).

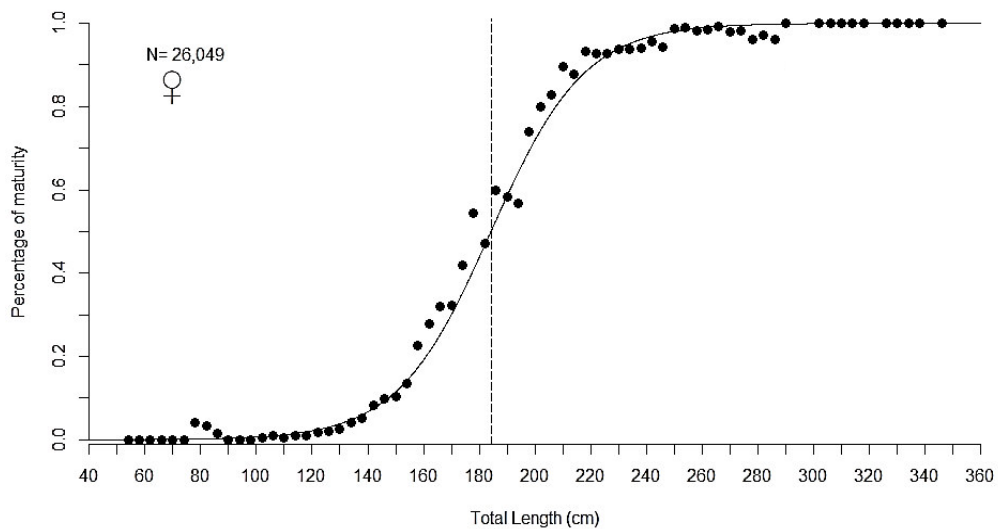


Gráfica 45. Histograma de frecuencia de edades de *A. vulpinus* (machos)

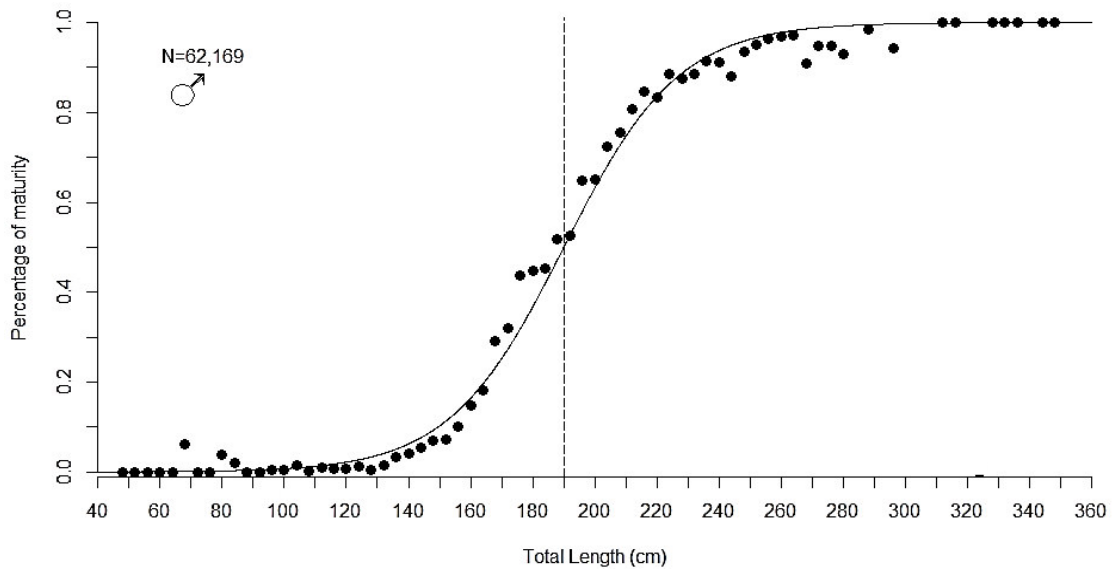
Talla media de madurez sexual

Prionace glauca

La edad media de madurez sexual de las hembras fue de 185cm de LT (Gráfica 46) y de 190cm de LT en el caso de los machos (Gráfica 47).



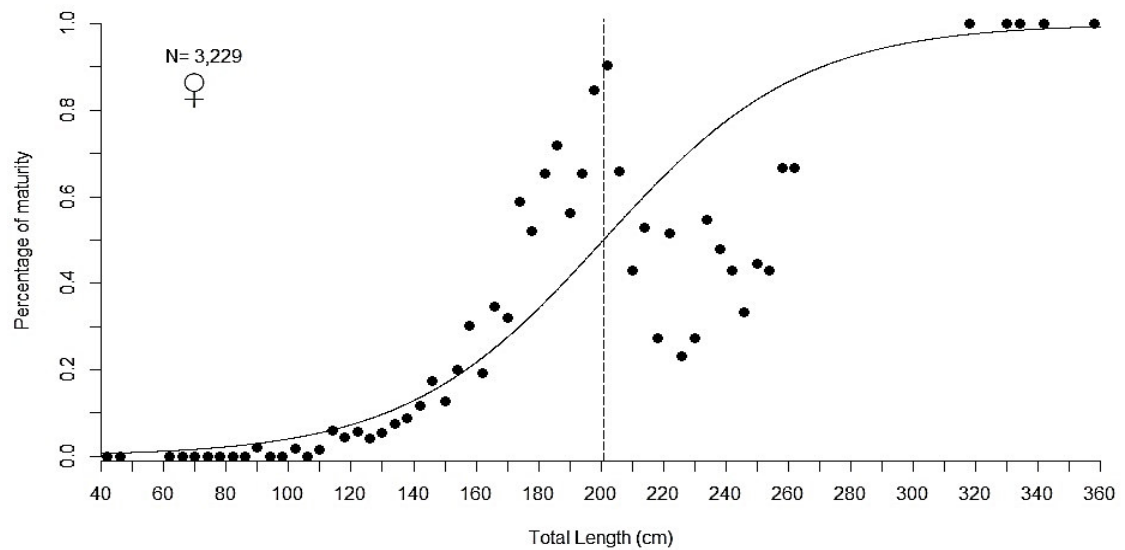
Gráfica 46. Talla media de madurez sexual de las hembras de *P. glauca* capturadas durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano



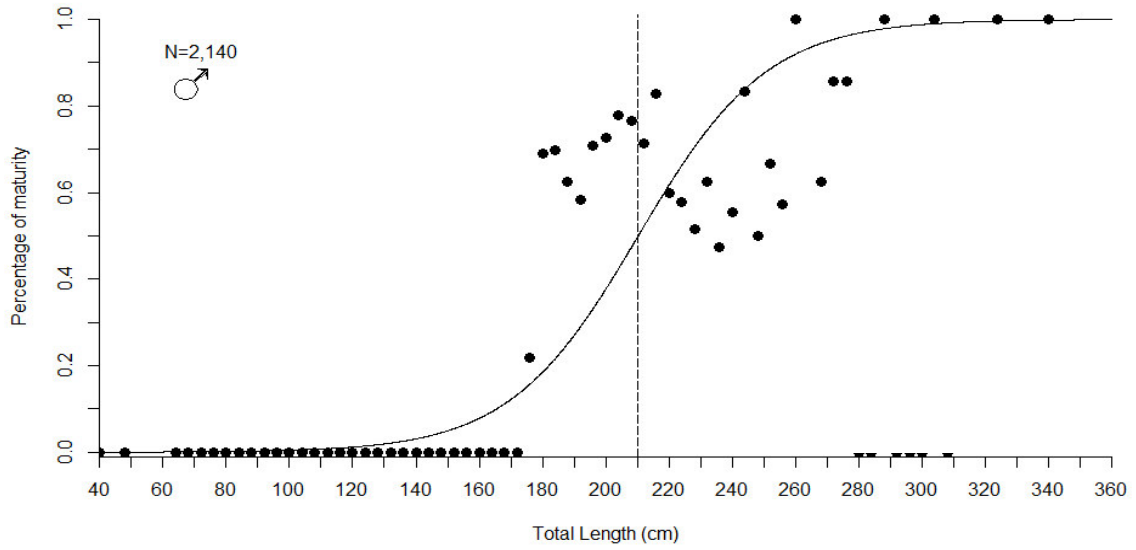
Gráfica 47. Talla media de madurez sexual de los machos de *P. glauca* capturados durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano.

Isurus oxyrinchus

La edad media de madurez sexual de las hembras de tiburón mako fue de 200cm de LT (Gráfica 48) y de 210cm de LT en el caso de los machos (Gráfica 49).



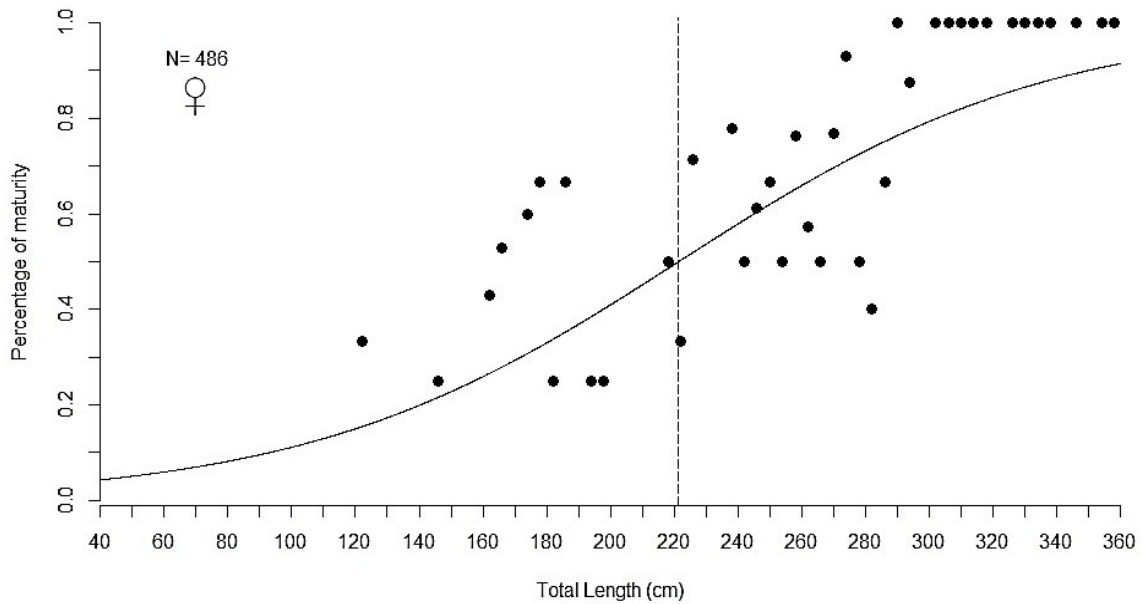
Gráfica 48. Talla media de madurez sexual de las hembras de *I. oxyrinchus* capturadas durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano



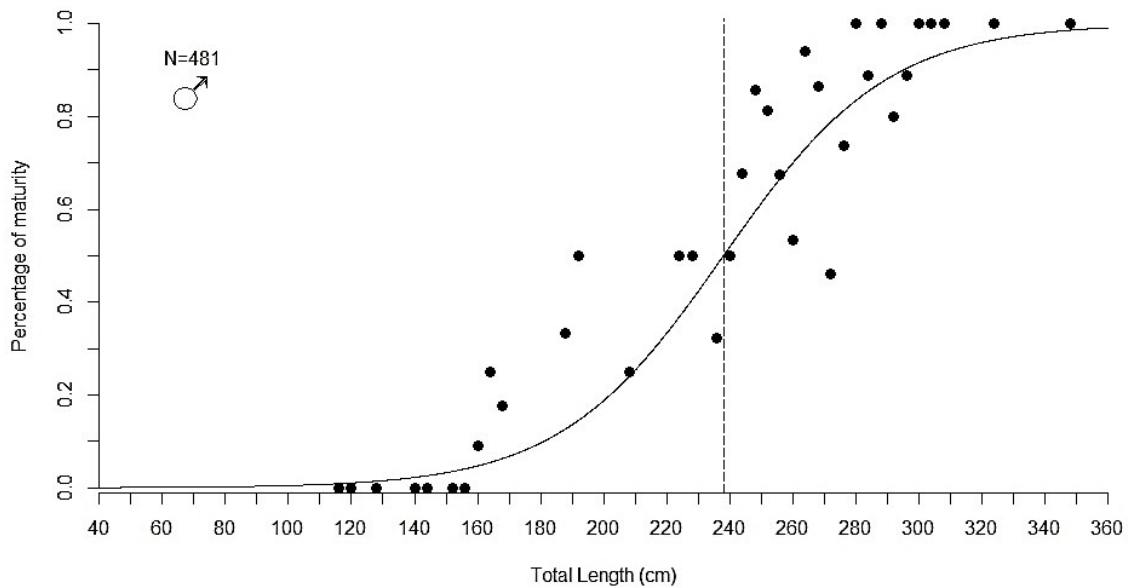
Gráfica 49. Talla media de madurez sexual de las machos de *I. oxyrinchus* capturados durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano

Alopias vulpinus

La edad media de madurez sexual de las hembras de tiburón zorro fue de 200 cm de LT (Gráfica 50) y de 238cm de LT en el caso de los machos (Gráfica 51).



Gráfica 50. Talla media de madurez sexual de las hembras de *A. vulpinus* capturadas durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano



Gráfica 51. Talla media de madurez sexual de los machos de *A. vulpinus* capturados durante 2006-2013 por la flota palangrera del Pacífico Mexicano

Calculo de relaciones biométricas.

Relación Longitud Furcal - Longitud Total (LF-LT)

La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov fue aplicada a la variable dependiente Longitud Furcal (LF) en las tres especies de estudio, la cual resultó no tener una distribución normal ($p < 0.05$), por lo tanto la relación LF-LT fue evaluada de forma independiente para cada sexo.

Tabla 30. Número de datos incluidos en el análisis de la relación biométrica LF-LT para cada especie de estudio

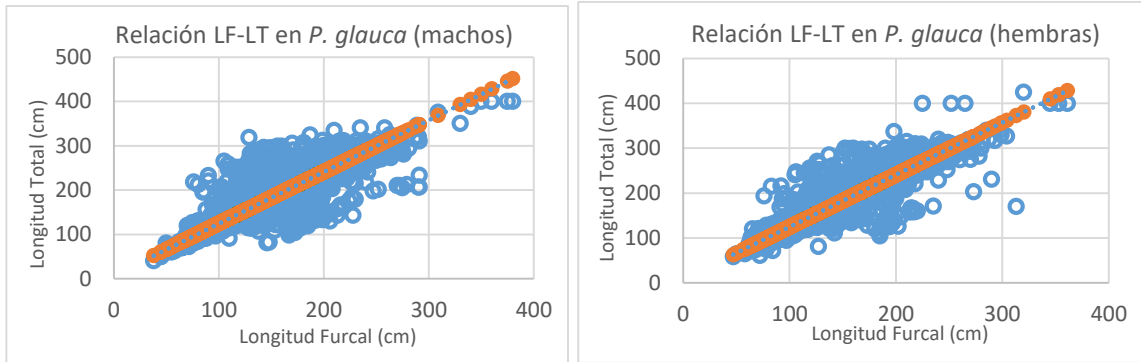
Especie	Número de datos en el análisis
<i>Prionace glauca</i>	79,979
<i>Isurus oxyrinchus</i>	4,958
<i>Alopias vulpinus</i>	793

Prionace glauca

La media de LF de 21,637 hembras fue de 151.07 cm, mientras que en los machos (54,754 organismos) fue de 156.16 cm. Se encontró diferencia significativa entre las medias de LF de hembras y machos ($F= 415.560$ $p < 0.00$). La correlación entre LF y LT estuvo fuertemente sustentada por el coeficiente de determinación ajustado ($r^2 = 0.948$ para las hembras y 0.953 para los machos) (Tabla 23, Gráfica 52).

Tabla 31. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica LF-LT de *Prionace glauca* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Sexo	Ecuación	n	a	b	r ²
Hembras	LT= a*LF + b	21,637	1.167	8.387	0.948
Machos		54,754	1.167	7.887	0.953



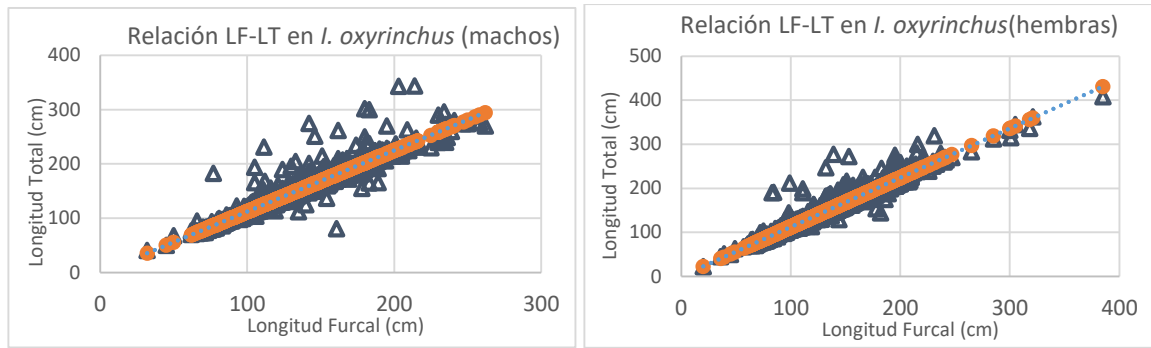
Gráfica 52. Gráfica de dispersión de LF vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de *P. glauca* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Isurus oxyrinchus

La media de LF de 2,779 hembras fue de 129.57 cm, mientras que en los machos (2,145 organismos) fue de 130.23m. No se encontró diferencia significativa entre las medias de LF de hembras y machos ($F= 0.52$ $p = 0.467$). La correlación entre LF y LT estuvo fuertemente sustentada por el coeficiente de determinación ajustado ($r^2 = 0.957$ para las hembras y 0.946 para los machos) (Tabla 24, Gráfica 53).

Tabla 32. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica LF-LT de *Isurus oxyrinchus* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Sexo	Ecuación	n	a	b	r ²
Hembras	LT= a*LF + b	2,779	1.118	0.339	0.957
Machos		2,145	1.127	0.459	0.946



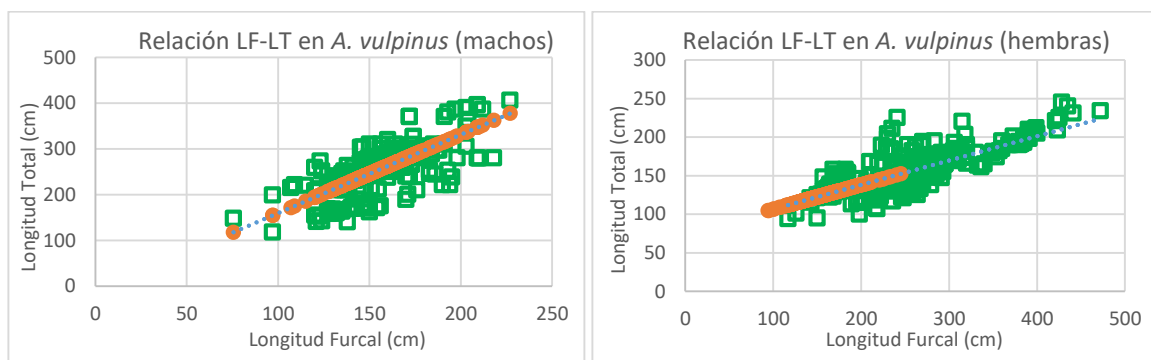
Gráfica 53. Gráfica de dispersión de LF vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de *I. oxyrinchus* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Alopias vulpinus

La media de LF de 389 hembras fue de 154.74 cm, mientras que en los machos (387 organismos) fue de 153.53 cm. No se encontró diferencia significativa entre las medias de LF de hembras y machos ($F= 0.574$ $p = 0.448$). La correlación entre LF y LT estuvo ligeramente sustentada por el coeficiente de determinación ajustado ($r^2 = 0.584$ para las hembras y 0.485 para los machos) (Tabla 25, Gráfica 54).

Tabla 33. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica LF-LT de *Alopias vulpinus* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Sexo	Ecuación	n	a	b	r^2
Hembras	$LT = a * LF + b$	389	0.316	74.725	0.584
Machos		387	1.715	11.986	0.485



Gráfica 54. Gráfica de dispersión de LF vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de *A. vulpinus* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Relación Longitud Total-Peso (LT - P)

La prueba de Kolmogorov-Smirnov para la variable dependiente peso, demostró que en las tres especies de estudio esta variable carece de distribución normal ($p < 0.05$), por lo cual la relación longitud-peso de las tres especies fue analizada de forma separada para cada uno de los sexos.

Tabla 34. Número de datos por especie que fueron incluidos en el análisis de la relación longitud-peso.

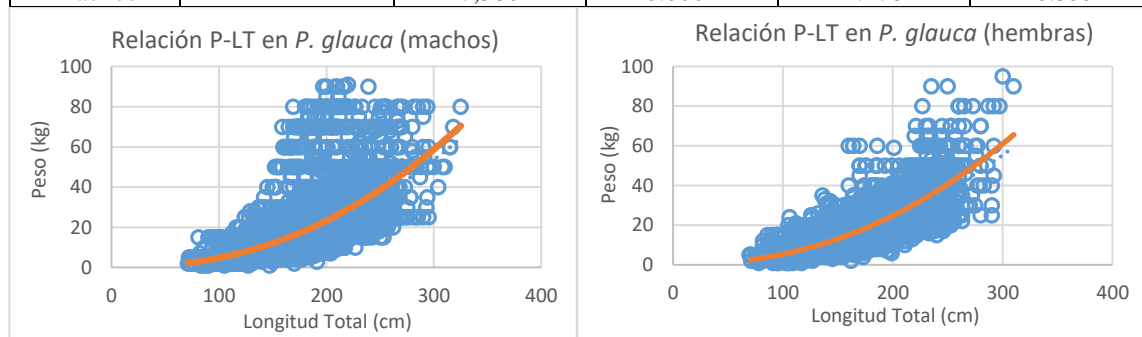
Especie	Número de datos en el análisis
<i>Prionace glauca</i>	11,433
<i>Isurus oxyrinchus</i>	1,413
<i>Alopias vulpinus</i>	384

Prionace glauca

La media del Peso de 3,820 hembras fue de 19.99 kg, mientras que en los machos (7,580 organismos) fue de 20.43 kg. No se encontró diferencia significativa entre las medias del peso de hembras y machos ($F = 2.616$ $p = 0.105$). La correlación entre el peso y LT estuvo moderadamente sustentada por el coeficiente de determinación ajustado ($r^2 = 0.627$ para las hembras y 0.533 para los machos) y el parámetro b indicó un tipo de crecimiento alométrico negativo en ambos casos. Este tipo de relación se comparó entre machos y hembras, el peso fue asociado con la LT y se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sexos (ANCOVA: $F_{\text{sex}} = 72.86$, $p_{\text{sex}} = 0.000$) (Tabla 27, Gráfica 55).

Tabla 35. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica P-LT de *Prionace glauca* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Sexo	Ecuación	n	a	b	r^2
Hembras	$P = a * LT^b$	3,820	0.0002	2.221	0.627
Machos		7,580	0.0001	2.278	0.533



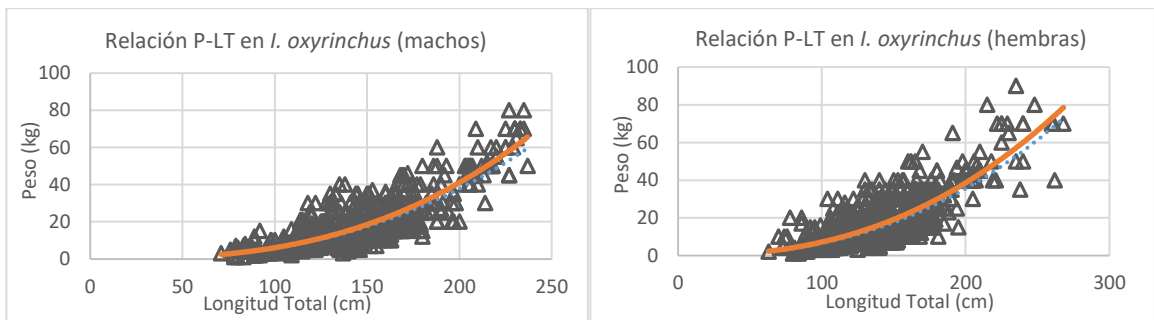
Gráfica 55. Gráfica de dispersión de P vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de *P. glauca* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Isurus oxyrinchus

La media del Peso de 773 hembras fue de 18.4 kg, mientras que en los machos (631 organismos) fue de 19.34 kg. No se encontró diferencia significativa entre las medias del peso de hembras y machos ($F= 1.667$ $p = 0.197$). La correlación entre el peso y LT estuvo moderadamente sustentada por el coeficiente de determinación ajustado ($r^2 = 0.603$ para las hembras y 0.671 para los machos) y el parámetro b indicó un tipo de crecimiento alométrico negativo en ambos casos. Este tipo de relación se comparó entre machos y hembras, el peso fue asociado con la LT y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sexos (ANCOVA: $F_{\text{sex}}= 0.006$ $p_{\text{sex}} = 0.936$) (Tabla 28, Gráfica 56).

Tabla 36. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica P-LT de *Isurus oxyrinchus* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Sexo	Ecuación	n	a	b	r ²
Hembras	$P= a*LT^b$	773	9.804^{-5}	2.431	0.603
Machos		631	1.776^{-5}	2.765	0.671



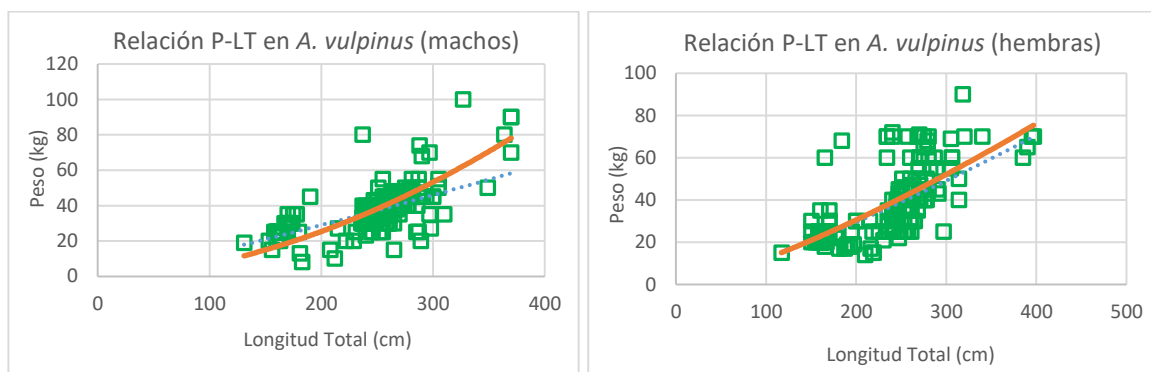
Gráfica 56. Gráfica de dispersión de P vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de *I. oxyrinchus* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Alopias vulpinus

La media del Peso de 170 hembras fue de 37.91 kg, mientras que en los machos (214 organismos) fue de 37.60 kg. No se encontró diferencia significativa entre las medias del peso de hembras y machos ($F= 0.044$ $p = 0.833$). La correlación entre el peso y LT estuvo moderadamente sustentada por el coeficiente de determinación ajustado ($r^2 = 0.495$ para las hembras y 0.431 para los machos) y el parámetro b indicó un tipo de crecimiento alométrico negativo en ambos casos. Este tipo de relación se comparó entre machos y hembras, el peso fue asociado con la LT y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sexos (ANCOVA: $F_{\text{sex}}= 2.730$, $p_{\text{sex}} = 0.066$) (Tabla 29, Gráfica 57).

Tabla 37. Comparación de las líneas de regresión para la relación biométrica P-LT de *Alopias vulpinus* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Sexo	Ecuación	n	a	b	r ²
Hembras	$P = a * LT^b$	170	0.028	1.315	0.495
Machos		214	0.001	1.830	0.431



Gráfica 57. Gráfica de dispersión de P vs LT en machos (izq.) y hembras (der.) de *A. vulpinus* capturados por la flota palangrera del Pacífico Mexicano durante 2006-2013.

Análisis de la distribución de juveniles

Con el objetivo de realizar una asociación entre la presencia y distribución de neonatos y juveniles de un año de edad con la temperatura superficial del mar (TSM) fue necesario primero obtener y graficar los promedios de TSM durante los 8 años de estudio (Figura 12), así como por trimestre. De la totalidad de los datos, 93,031 fueron utilizados para este análisis, debido a que los 2,503 datos restantes carecían de la información de temperatura. El trimestre donde el agua presentó mayor temperatura fue el de Julio-Septiembre, con una TSM de 25°C (± 4 SD); por otro lado, el trimestre donde se presentaron las temperaturas más bajas fue el de Enero-Marzo con una TSM de 21°C (± 3 SD) (Tabla 30, Figura 13 a-d)). La TSM promedio durante los 4 trimestres en los 8 años de estudio fue de 23°C (± 4 SD).

Tabla 38. Promedio de la Temperatura Superficial del Mar durante 2006-2013

TRIMESTRE	PROMEDIO (°C)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MEDIANA (°C)
Enero-Marzo	21	4	22
Abril-Junio	23	3	23
Julio-Septiembre	25	4	25
Octubre-Diciembre	22	4	23
TOTAL (8 AÑOS)	23	4	23

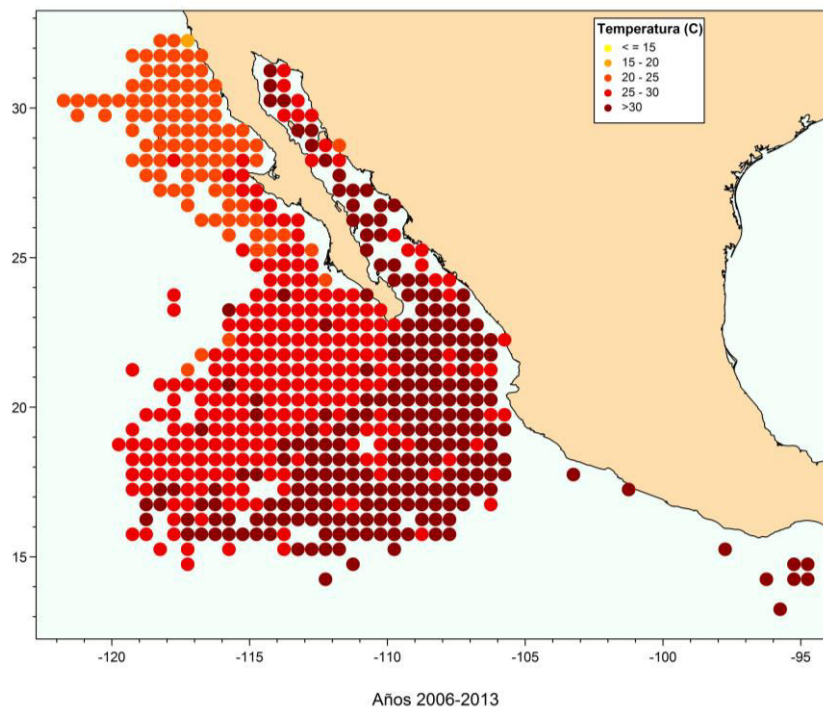


Figura 12. Mapa de temperatura superficial del mar (TSM) promedio en las zonas de captura de tiburón durante los años 2006-2013

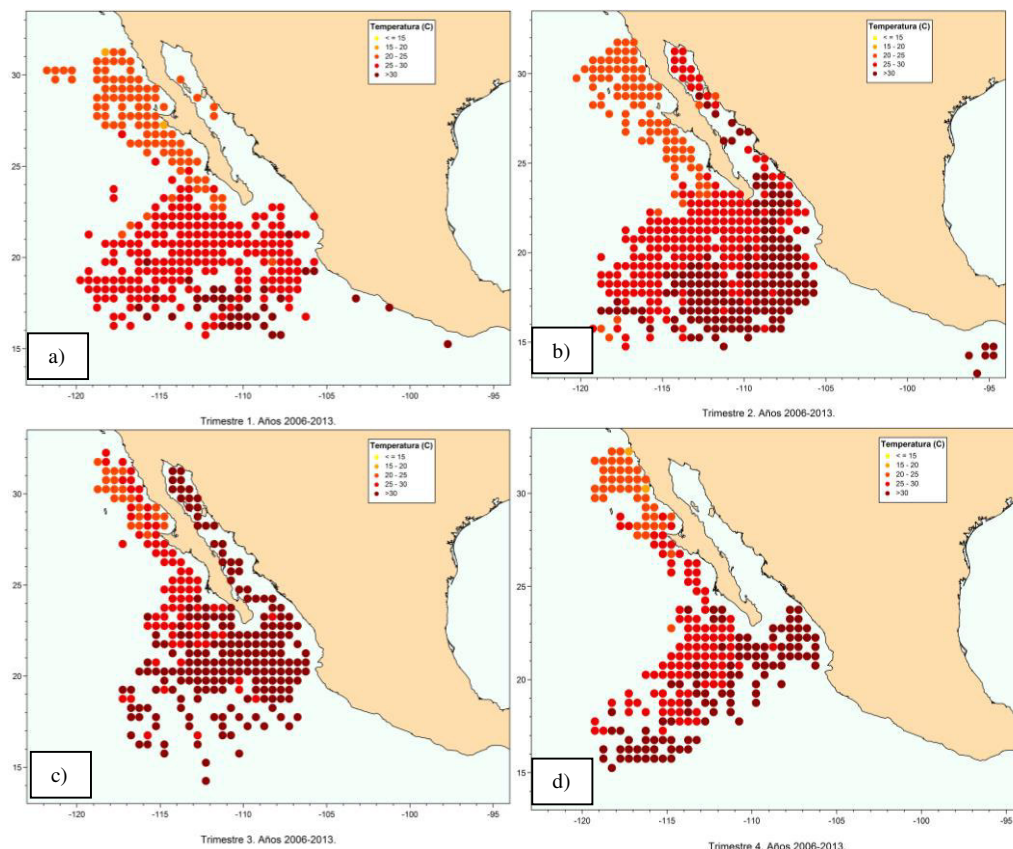


Figura 13. Mapas trimestrales de temperatura superficial del mar (TSM) promedio en las zonas de captura de tiburón del período 2006-2013. a) Enero-Marzo, b) Abril-Junio, c) Julio-Septiembre, d) Octubre-Diciembre

Prionace glauca

De los 88,537 datos de tiburón azul, fueron tomados aquellos con una talla de LT entre 65-100 cm, lo que corresponde a neonatos (0 años de edad) y juveniles de 1 año y que además tuvieran información sobre la TSM del lance donde fue capturado el organismo; esto implica que solamente 1,121 datos fueron utilizados para este análisis.

Durante el primer trimestre (Enero-Marzo) fue capturado solo un neonato y 126 juveniles de un año de edad, los cuales se distribuyeron frente a la Bahía de San Sebastián Vizcaíno en Baja California y al Golfo de Ulloa en Baja California Sur, donde la TSM es de 15-25°C durante esa temporada del año. (Figura 14 a y b)

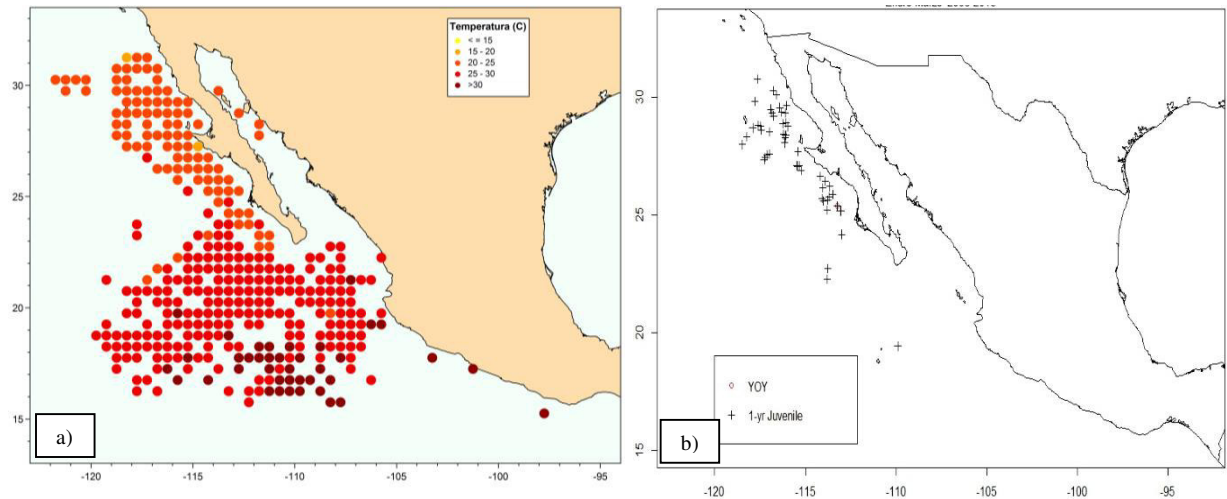


Figura 14. Mapa de TSM durante el trimestre Enero-Marzo en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *P. glauca* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).

En el segundo semestre (Abril-Junio) fueron capturados 44 neonatos y 535 juveniles de un año, cuyas zonas de captura tenían una TSM de 20-25°C y se ubicaron en toda la costa este de Baja California, con sólo unos pocos individuos capturados frente a punta Eugenia, Bahía Tortugas y Bahía San Cristóbal en Baja California Sur (Figura 15 a y b).

Durante el trimestre Julio-Septiembre se capturaron 11 neonatos y 168 juveniles de un año, cuya distribución se concentró de forma notoria en la parte norte de Baja California, desde San Carlos hacia Tijuana, donde la TSM fue de 20-30°C con sólo algunos ejemplares distribuyéndose frente a la costa de Baja California Sur, donde la TSM fue de 25-30°C (Figura 16 a y b).

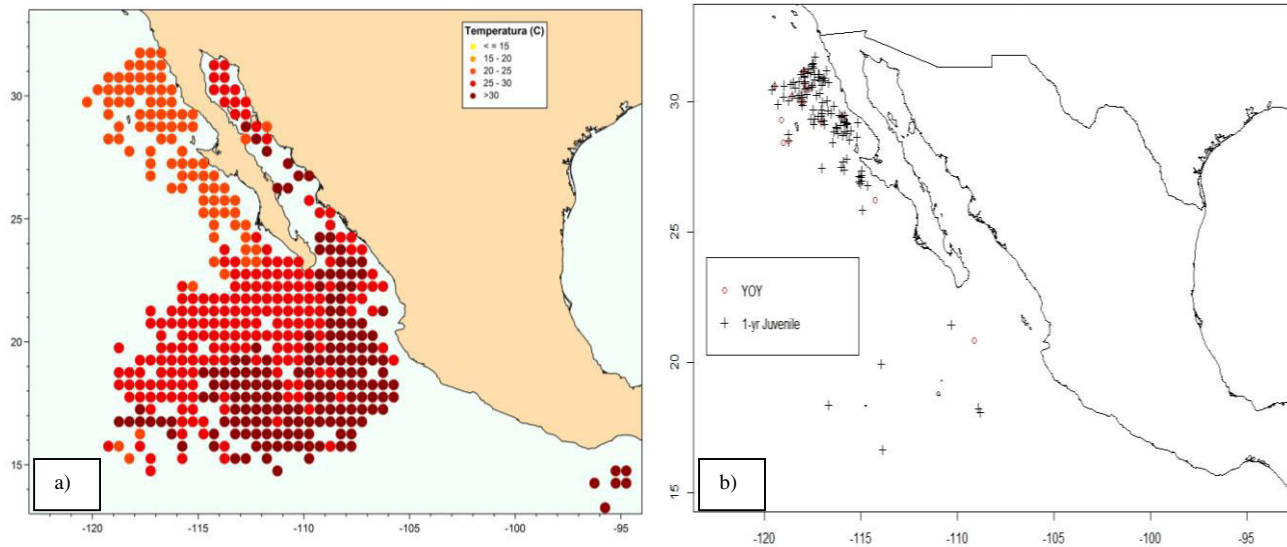


Figura 15. Mapa de TSM durante el trimestre Abril-Junio en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *P. glauca* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).

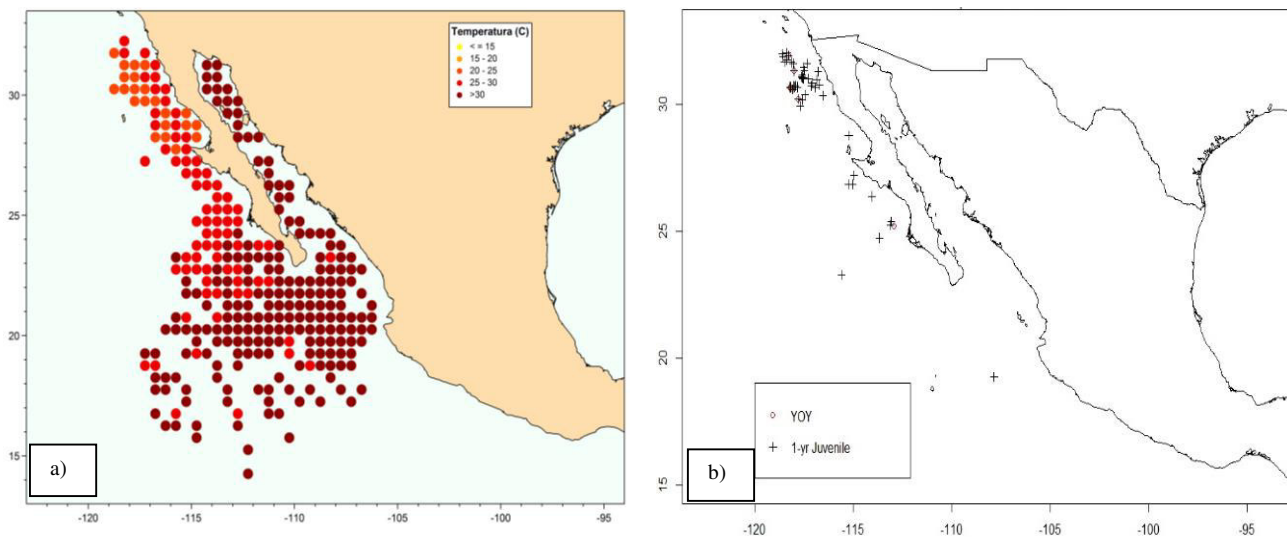


Figura 16. Mapa de TSM durante el trimestre Julio-Septiembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *P. glauca* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).

Finalmente, en el cuarto trimestre (Octubre-Diciembre) fueron capturados 36 neonatos y 200 juveniles de un año, los cuales se distribuyeron en dos zonas específicas: el primer grupo se ubicó en la parte norte de la costa de Ensenada, desde San Carlos hasta la costa de Tijuana, donde la TSM fue de 15-25°C; el segundo grupo de juveniles se distribuyó frente a la Bahía de San Sebastián Vizcaíno, frente a Punta Eugenia y Bahía tortugas, donde la TSM fue de 20-25°C (Figura 17 a y b).

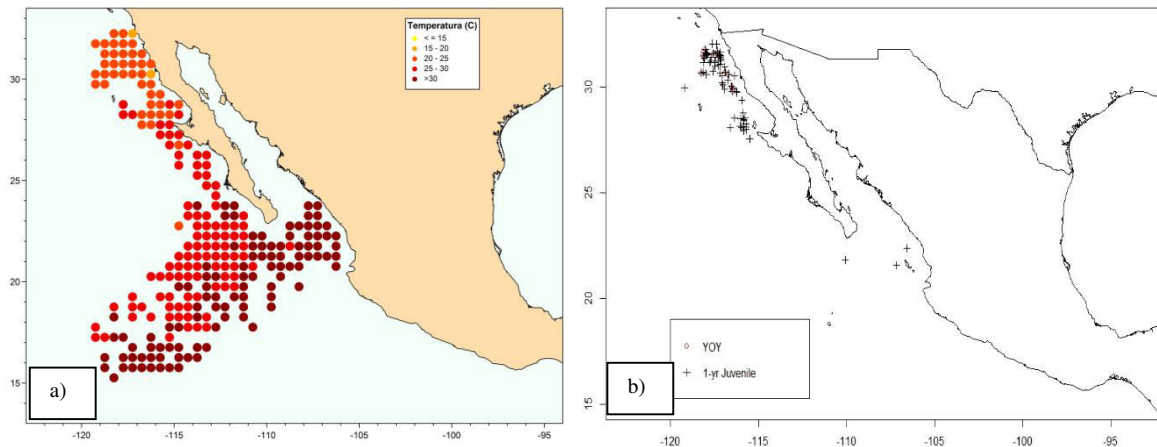


Figura 17. Mapa de TSM durante el trimestre Octubre-Diciembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *P. glauca* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).

Isurus oxyrinchus

De los 5,817 datos de tiburón mako, fueron seleccionados aquellos con una talla de LT entre 77-109 cm, lo que corresponde a neonatos (0 años de edad) y juveniles de 1 año y que además tuvieran información sobre la TSM del lance donde fue capturado el organismo; esto implica que solamente 207 datos fueron utilizados para este análisis.

Durante el primer trimestre (Enero-Marzo) solo se cuenta con el dato de un neonato y un juvenil que cumplían con los criterios de selección; el neonato fue capturado frente a Isla Cedros en Baja California donde la TSM fue en promedio de 20-25°C y el juvenil de un año se encontró frente a la costa de Michoacán donde la TSM promedio durante este trimestre fue de 30°C (Figura 18 a y b)

En el segundo semestre (Abril-Junio) fueron capturados 5 neonatos y 15 juveniles de un año, cuyas zonas de captura tenían una TSM de 20-30°C y se ubicaron en la costa de Baja

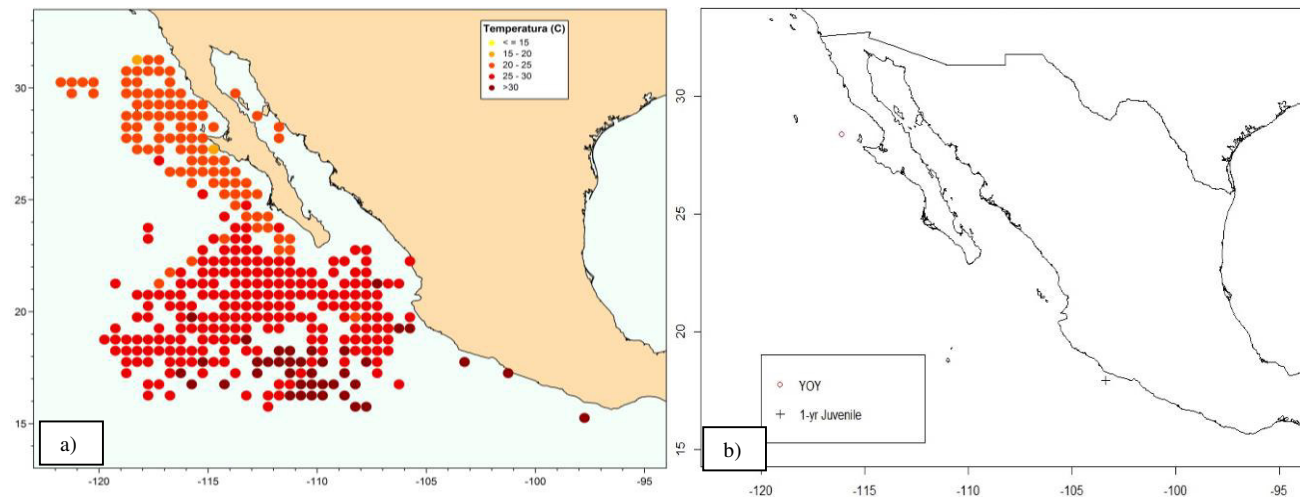


Figura 18. Mapa de TSM durante el trimestre Enero-Marzo en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *I. oxyrinchus* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b)

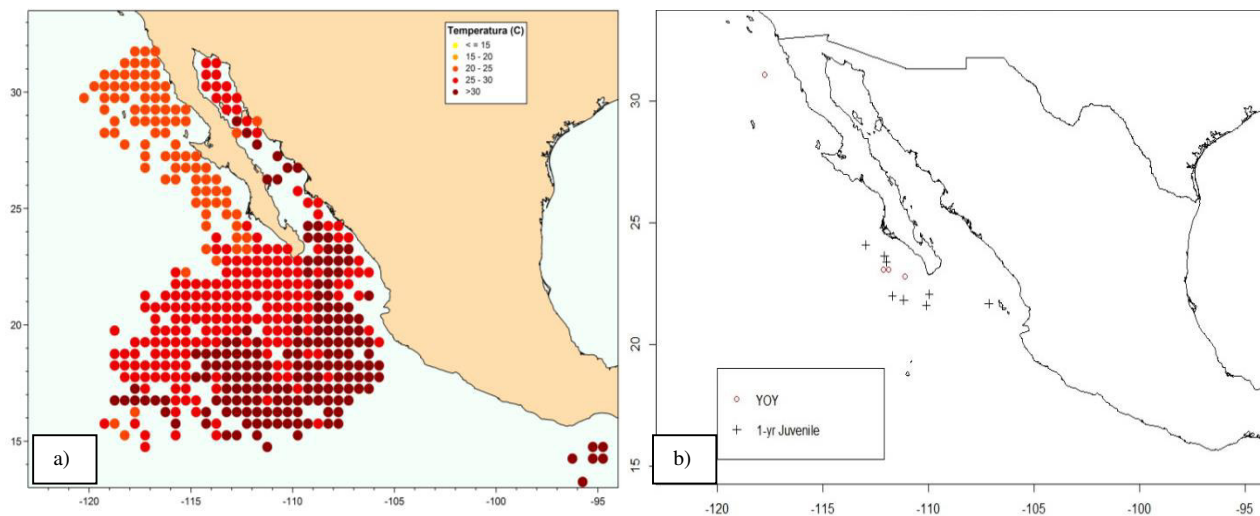


Figura 19. Mapa de TSM durante el trimestre Abril-Junio en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *I. oxyrinchus* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).

California Sur, desde San Carlos hasta Cabo San Lucas y frente a las Islas Marías (Figura 19 a y b).

Durante el trimestre Julio-Septiembre se capturaron 43 neonatos y 45 juveniles de un año, cuya distribución se concentró en tres grupos: el primero frente a la costa de Ensenada, Baja California en aguas con TSM promedio de 20-25°C, el segundo grupo frente a Punta Eugenia y la Bahía de San Sebastián Vizcaíno con una TSM promedio de 20-30°C y el tercero en el Golfo de Ulloa, donde la TSM promedio fue de 25-30°C (Figura 20 a y b).

Finalmente, en el cuarto trimestre (Octubre-Diciembre) fueron capturados 26 neonatos y 102 juveniles de un año, los cuales se distribuyeron desde Bahía Asunción en Baja California Sur hasta la costa frente a Tijuana, Baja California, zona donde la TSM promedio fue de 20-25° (Figura 21 a y b).

Alopias vulpinus

De los 1,034 datos de tiburón zorro, fueron seleccionados aquellos con una talla de LT entre 114-211 cm, lo que corresponde a neonatos (0 años de edad) y juveniles de 1 año y que además tuvieran información sobre la TSM del lance donde fue capturado el organismo; esto implica que solamente 211 datos fueron utilizados para este análisis.

Durante el primer trimestre (Enero-Marzo) solo se cuenta con el dato de seis juveniles de un año que cumplían con los criterios de selección; los cuales fueron capturados en la región oceánica frente a Punta Marquesa, B.C.S y hasta el Archipiélago de las islas Revillagigedo, donde la TSM promedio durante este trimestre fue de 25-30°C (Figura 22 a y b).

En el segundo semestre (Abril-Junio) fueron capturados 33 neonatos y 43 juveniles de un año, cuyas zonas de captura tenían una TSM de 25-30°C y se ubicaron en el Alto Golfo de California (Figura 23 a y b).

Durante el trimestre Julio-Septiembre se capturaron 19 neonatos y 34 juveniles de un año, cuya distribución se concentró en tres grupos: el primero frente a la costa de Ensenada, Baja California en aguas con TSM promedio de 25-30°C, el segundo grupo en el Golfo de Ulloa con una TSM promedio de 25-30°C y el tercero en el Alto Golfo de California, donde la TSM promedio fue de $\geq 30^{\circ}\text{C}$ (Figura 24 a y b).

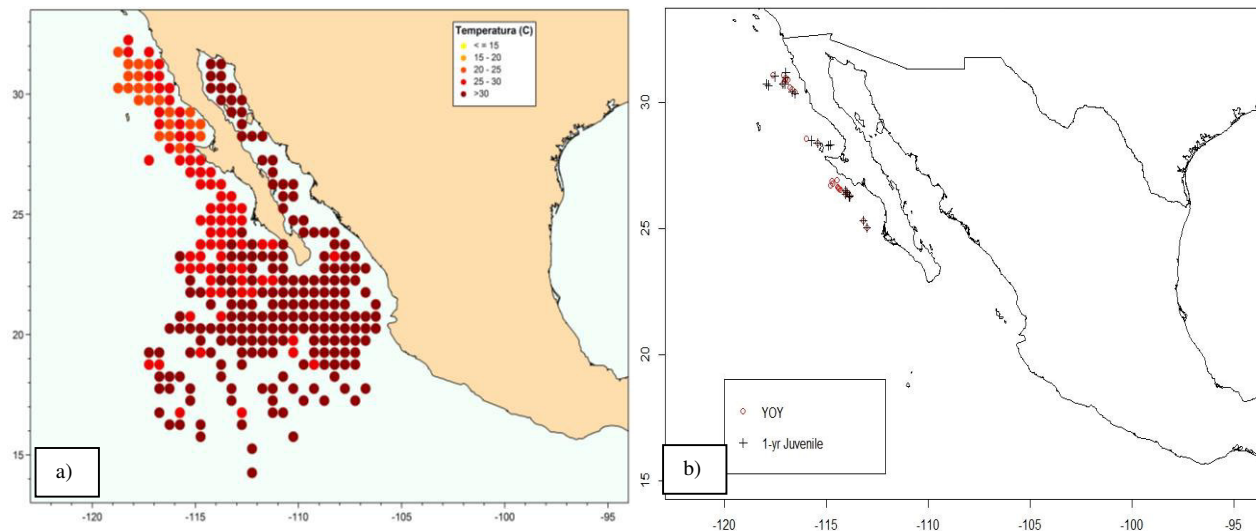


Figura 20. Mapa de TSM durante el trimestre Julio-Septiembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *I. oxyrinchus* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013(b).

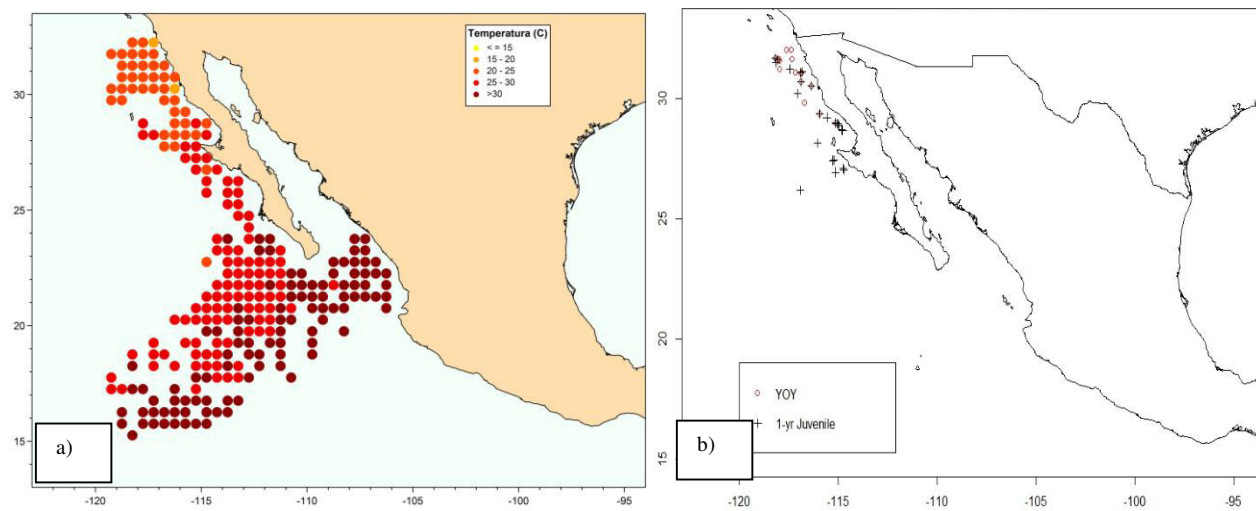


Figura 21. Mapa de TSM durante el trimestre Octubre-Diciembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *I. oxyrinchus* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).

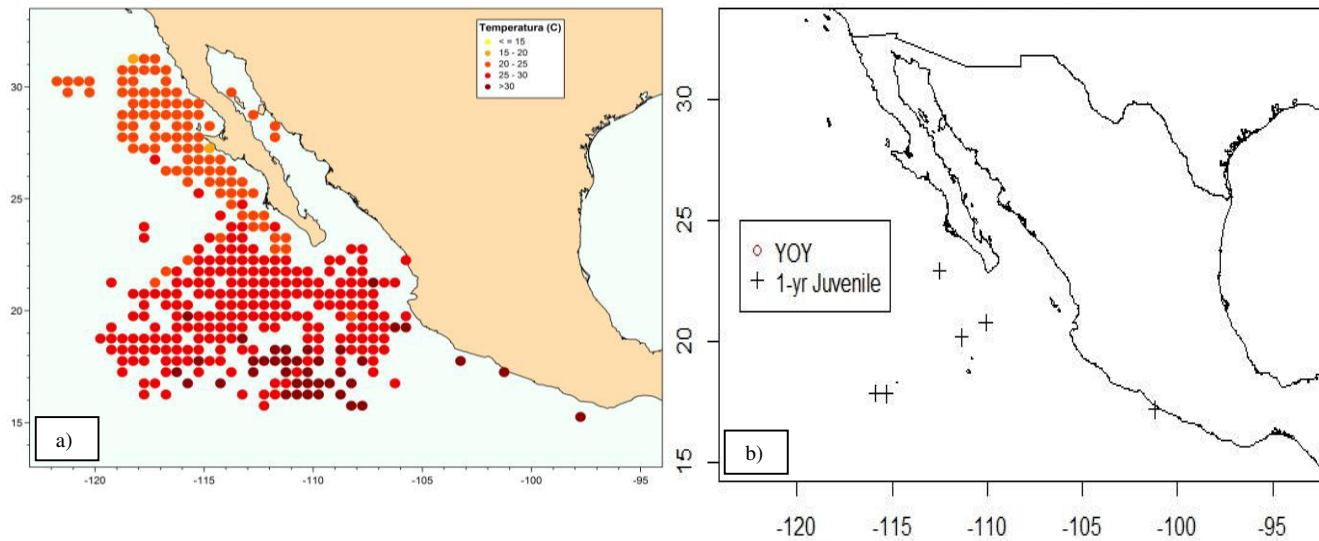


Figura 22. Mapa de TSM durante el trimestre Enero-Marzo en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *A. vulpinus* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).

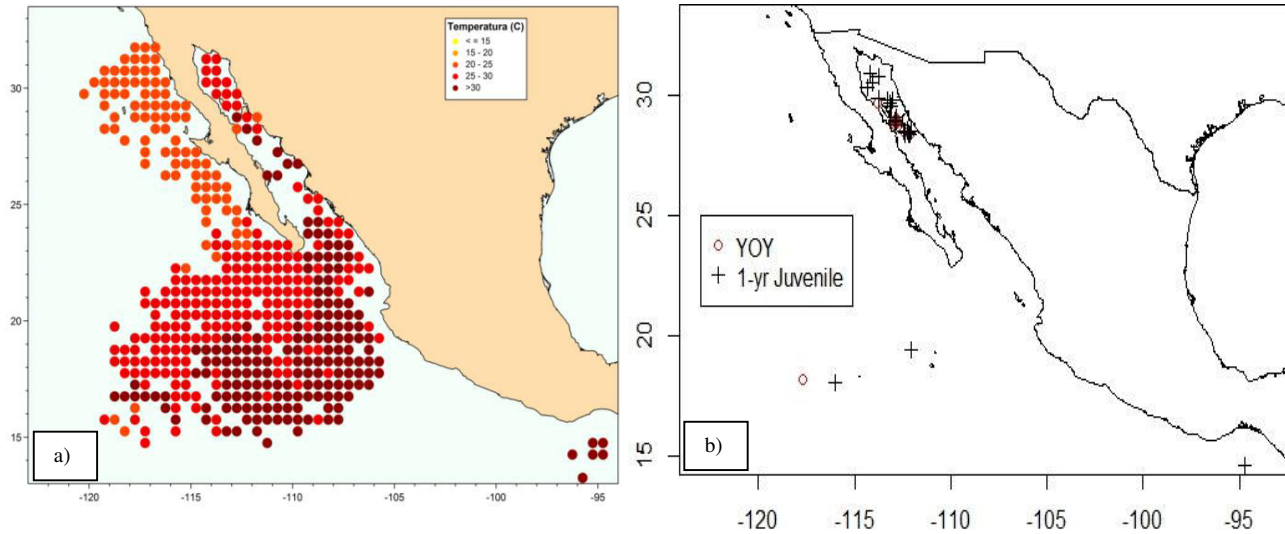


Figura 23. Mapa de TSM durante el trimestre Abril-Junio en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *A. vulpinus* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).

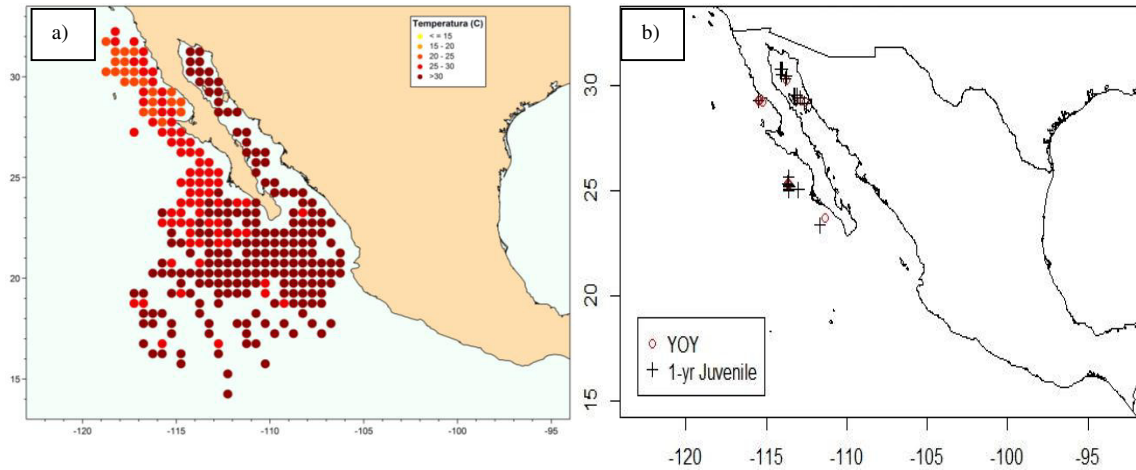


Figura 24. Mapa de TSM durante el trimestre Julio-Septiembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *A. vulpinus* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).

Finalmente, en el cuarto trimestre (Octubre-Diciembre) fueron capturados 59 neonatos y 21 juveniles de un año, los cuales se distribuyeron desde el sur de Sinaloa hasta Nayarit y frente a Cabo San Lucas, donde la TSM promedio es de $\geq 30^{\circ}\text{C}$ (Figura 25 a y b).

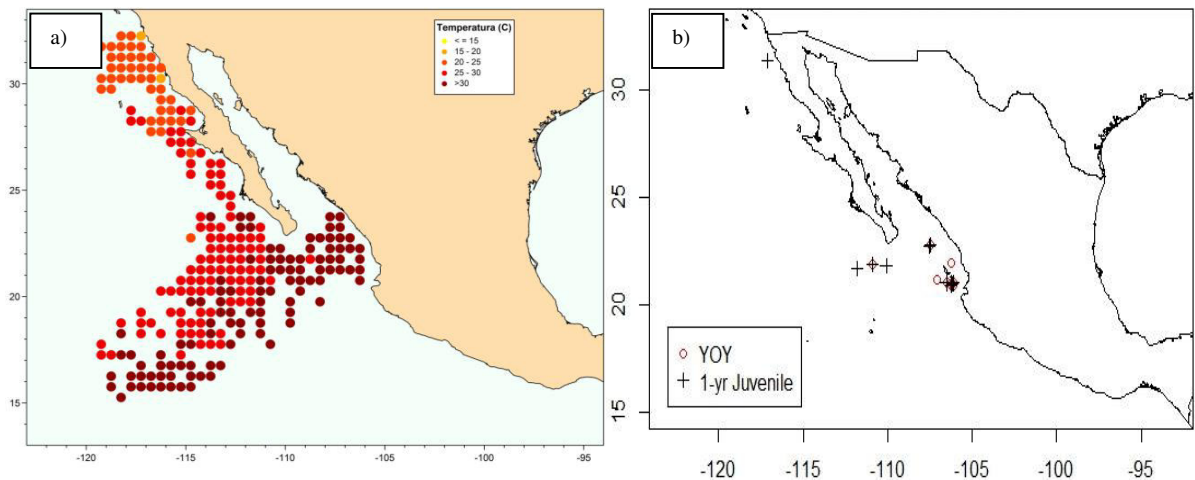


Figura 25. Mapa de TSM durante el trimestre Octubre-Diciembre en el Pacífico Mexicano (a) y mapa de distribución de *A. vulpinus* neonatos (young of the year-YOY) y juveniles de un año capturados por la flota de mediana altura en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 (b).

Discusión

Estimación de la edad

Prionace glauca

Si bien las tallas mínimas encontradas en este estudio para las capturas de tiburón azul coinciden con lo reportado por Cailliet et. al. (1983) y son cercanas a lo mencionado por Blanco-Parra et. al (2008), la talla máxima difiere en más de 200cm de LT con ambos estudios; esto puede deberse a que los dos trabajos antes mencionados analizaron capturas de pesca ribereña, donde suelen estar ausentes los adultos de tallas mayores, tal como mencionan Furlong-Estrada et. al. (2017). Aunque fueron encontrados dos ejemplares (400 y 425 cm de LT) que superan los 380cm de LT como talla máxima reportada por IUCN (2018) para esta especie, la mayor parte de la población tuvo una talla máxima de 350cm de LT. Considerando lo anterior, es natural que la edad máxima estimada durante este estudio para *P. glauca* difiera, también, de lo reportado por autores como Shoou-Jeng et. al. (2018), NOAA (2009) y Blanco-Parra et. al. (2008) en la misma zona. Además, es necesario considerar que nuestras estimaciones de edad fueron estrictamente teóricas basadas en la LT de los organismos, por lo que es necesario llevar a cabo estudios de lectura de anillos de crecimiento para poder sustentar nuestros resultados.

Isurus oxyrinchus

El rango de LT para tiburón mako en este estudio (20–408 cm) fue mayor que el descrito por Ribot-Carballal et al.. (2005), quienes encontraron un rango LT de 77 a 290 cm. Es altamente probable que organismos tan pequeños (20-70cm LT) sean abortos de hembras bajo estrés de captura. En el otro lado del espectro, solo 11 tiburones (nueve hembras y dos machos) excedieron el rango de longitud encontrado por esos autores y, al mismo tiempo la LT máxima registrada en nuestro estudio no excede la L_{∞} reportada por Ribot-Carballal et. al. (2005), misma que parecía estar sobre-estimada para los organismos capturados en la pesca ribereña con los cuales fue calculada, pero que se ajusta a nuestros datos de pesca de mediana altura, donde suele haber mayor presencia de adultos de tallas grandes. Además, la LT máxima encontrada en este estudio coincide con lo reportado para la especie (Cailliet et. al. 2009). Hay mucha controversia sobre la longevidad estimada en esta especie debido a diferencias en técnicas, interpretaciones, modelos y la falta de validación o

verificación de ellos (Cailliet y Goldman 2004). Aunque generalmente se estima que la edad máxima del tiburón mako oscila entre 10 y 30 años (NOAA 2019), nuestros resultados concuerdan con la longevidad que Natanson et. al. (2006) y Chang y Liu (2009) estimaron en el Océano Pacífico, a excepción de un organismo del cual pudiera haber sido sobreestimada su LT.

Alopias vulpinus

El rango de longitudes encontrado en este estudio para tiburón zorro coincide con lo reportado anteriormente por otros autores (Smith et. al. 2008, Bigelow y Schroeder 1948, Hixon 1979, Compagno 1984, Moreno et al.. 1989), de la misma manera que la edad máxima de las hembras (21 años) y de machos (31 años) se encontraron dentro de las estimaciones de longevidad anteriormente realizadas (Cailliet et al.. 1983, Smith et al.. 1998).

Talla media de madurez sexual

Prionace glauca

La talla media de madurez sexual encontrada para las hembras de tiburón azul en nuestro estudio coincide con lo mencionado por Nakano (1994) y Cailliet et. al. (1983), sin embargo, en el caso de los machos, los autores antes mencionados reportan que la talla media de madurez para los machos es de 203cm LT, lo cual es superior en 10cm de nuestros resultados. La edad de madurez para ambos sexos que encontramos en este estudio (8 años) ya ha sido reportada con anterioridad para el Pacífico Norte y el Pacífico Mexicano (Blanco-Parra et. al. 2008, Nakano 1994 y Cailliet et. al. 1983).

Isurus oxyrinchus

La talla media y la edad de madurez sexual de los machos (210cm LT, 10 años) coinciden con la media global, así como la reportada para el Noreste del Océano Pacífico (Maia et al.. 2007, Semba et al.. 2011 y Bustamante y Bennett 2013); no así en el caso de las hembras, las cuales resultan muy pequeñas para la mayoría de las estimaciones de madurez realizadas previamente (200cm LT, 9 años). Es importante mencionar que, así como algunas LT, los estadíos de madurez reportados en las bases de datos son estimados mediante observación externa de los ejemplares y no se llevan a cabo disecciones, lo que

podiera generar más incertidumbre sobre las estimaciones de talla media de madurez sexual de las hembras, ya que, en el caso de los machos, la calcificación de los clasper permite saber con exactitud cuando un organismo ha alcanzado la madurez.

Alopias vulpinus

La edad media de madurez sexual así como la edad de madurez de hembras y machos de esta especie encontrados en este estudio difieren considerablemente de lo reportado en la literatura (Smith et al., 2008, Cailliet et. al, 1983). Además de lo mencionado anteriormente con respecto a la dificultad de realizar disecciones durante las labores de captura de los organismos para poder estimar con certeza su estadio sexual, es necesario mencionar que en el caso específico de tiburón zorro, el número de organismos capturados y analizados son considerablemente pocos para poder reflejar la historia de vida de especies longevas como es ésta. El bajo número de capturas puede deberse a la entrada en vigor de la NOM-029-PESC-2006 que regula la pesquería de elasmobranquios y prohibió el uso de redes agalleras, con las cuales eran capturados una mayor cantidad de tiburones zorro debido a que esta especie tiene hábitos más costeros que pelágicos.

Cálculo de relaciones biométricas

Relación Longitud Furcal – Longitud Total

Prionace glauca

La relación LT-LF encontrada en este estudio, aunque bien sustentada estadísticamente por el coeficiente de determinación, difiere de los hallazgos de autores como Buencuerpo et. al (1988) y Manning y Francis (2005), lo que implica que los organismos capturados por la flota de mediana altura del Pacífico Mexicano son más pequeños que los capturados en los estudios antes mencionados. Debido a la buena asociación entre ambas medidas (más del 90%) los valores de los parámetros encontrados pueden ser utilizados para el cálculo de la LT de organismos que carezcan de aleta caudal.

Isurus oxyrinchus

En el caso de tiburón mako, la relación LT-LF estuvo fuertemente sustentada por el coeficiente de determinación y es semejante a lo encontrado por autores como Buencuerpo et. al. (1988), ya que, además de mantenerse la proporción de tamaño entre machos y

hembras de cada estudio (siendo las hembras ligeramente más pequeñas que los machos) los valores de esta relación biométrica también fueron muy cercanos. Puesto que el coeficiente de determinación entre la LF y LT muestra una relación de más del 90%, los valores encontrados en este estudio pueden ser utilizados para calcular la LT cuando los organismos carezcan de aleta caudal.

Alopias vulpinus

La relación LT-LF de tiburón zorro fue ligeramente sustentada por el coeficiente de determinación ($r^2= 0.584$ y 0.485 para hembras y machos respectivamente), lo que podría implicar que el rango de error en la toma de estas medidas fue mayor en esta especie. Además, los resultados encontrados para el coeficiente a y b, son distintos a los mencionados por Buencuerpo et. al (1988) para esta especie.

Relación Peso – Longitud Total

Prionace glauca

El hecho de que las variables peso y longitud total hayan sido sólo moderadamente correlacionadas (60%) puede deberse a que difícilmente los observadores científicos tienen la herramienta y/o la oportunidad de pesar a los organismos, por lo que en algunas ocasiones llevan a cabo estimaciones basadas en la observación y la experiencia. Las diferencias en peso y crecimiento encontradas entre machos y hembras pueden deberse a cuestiones reproductivas más que de dieta, ya que, tal como ha sido mencionado por otros autores (Skomal y Natanson 2003, Pratt y Carrier 2001), en esta especie, como en la mayoría de los carcarínidos existe dimorfismo sexual que se evidencia en el grosor de la piel, el tamaño y crecimiento de los organismos. El crecimiento alométrico negativo, el cual implica que los individuos crecen primero en talla para después ganar peso, ha sido observado con anterioridad en varias especies de tiburones (Wahyudin et. al. 2019, Basusta N. 2016, Lteif et. al. 2016, Lowry y Motta, 2008).

Isurus oxyrinchus

Las variables peso y longitud total en tiburón mako estuvieron moderadamente correlacionadas (60%), lo que probablemente pueda explicarse debido a un sesgo o errores en la toma de datos, como se ha mencionado anteriormente. Los autores Wahyudin et. al.

(2019), Basusta, N. (2016), Lteif et. al. (2016) y Lowry y Motta (2008) han reportado el crecimiento alométrico negativo en varias especies de tiburones.

Alopias vulpinus

La relación entre las variables peso y longitud total no estuvo bien sustentada por el coeficiente de determinación (40%), por lo tanto, al carecer de certidumbre en el dato del peso de los organismos, sería necesario incrementar el número de muestra para llegar a conclusiones certeras. El crecimiento alométrico negativo ha sido reportado en otras especies de tiburones (Wahyudin et. al. 2019, Basusta, N. 2016, Lteif et. al. 2016, Lowry y Motta 2008), y la diferencia entre machos y hembras podría deberse a cuestiones reproductivas más que a diferencias en la dieta.

Análisis de la distribución de neonatos y juveniles de un año

Las TSM promedio para los 8 años de estudio (23°C) fue ligeramente más alta de la registrada actualmente para la zona de estudio (CONAPESCA 2010, Fischer et al.. 1995, Bonfil et al.. 1990, Romeu 1995), lo que podría deberse al fenómeno climático conocido como “El Niño”, el cual se presentó en una ocasión de forma débil (2006/2007) y una ocasión de forma moderada (2009/2010) en el Pacífico Central durante el período de estudio; mientras que los eventos de anomalías de enfriamiento de aguas (La Niña) se presentaron de 2007-2009 y de 2010-2012 según datos del Índice Oceánico del Niño (NOAA 2019).

Prionace glauca

Los neonatos y juveniles de un año de tiburón azul, permanecieron cerca de la costa de Baja California y Baja California Sur durante los cuatro trimestres del año, sin embargo, se observaron movimientos migratorios que parecían corresponder con un rango específico de temperatura (20-25°C), esto podría deberse a que su alimento tenga una distribución estricta en dicho rango de TSM. Si bien el grueso de la captura de la pesquería de mediana altura en el Pacífico Mexicano estuvo formada por organismos cercanos a su edad de madurez sexual, nuestros resultados coinciden con lo reportado por autores como Carrera-Fernández et. al. (2010), Miranda-Vázquez (1996) y Reyes-González (2001) puesto que

los juveniles y neonatos de tiburón azul se distribuyeron mucho más cerca de la costa, donde serían fácilmente capturados por la pesquería artesanal.

Isurus oxyrinchus

De acuerdo a nuestros resultados, los neonatos y juveniles de un año fueron más abundantes a partir de la segunda mitad del año y siguieron patrones migratorios que iban de acuerdo a un rango de temperaturas promedio de 20-25°C; moviéndose hacia el norte conforme las aguas del Pacífico Central se calentaban. Esto es coherente con lo mencionado por Yatsu (1995) cuando menciona que esta especie difícilmente se encuentra en aguas con temperaturas menores a los 13°C. Además, sustenta lo propuesto por Vélez-Marín y Márquez-Farías (2009) con respecto a que el polígono oceánico formado por la zona del sur de la Bahía de California y que se extiende hacia las Islas Marías y Revillagigedo es una zona de crianza para tiburón Mako.

Alopias vulpinus

De las tres especies estudiadas, los neonatos y juveniles de tiburón zorro fueron los que prefirieron aguas más cálidas, lo que ya ha sido mencionado por otros autores mares templados y ocasionalmente tropicales. Aunque en nuestros resultados no puede observarse algún patrón específico de movimientos migratorios de los neonatos y juveniles de esta especie, su distribución en aguas interiores y costero-norteñas durante los meses de Abril-Agosto coincide con lo reportado por Moreno et al. (1989) y Bedford (1992), así como con lo encontrado por Smith y Aseltine (2001) durante el invierno, ya que en dicha estación, los ejemplares de tiburón zorro se encontraron en aguas cálidas. El acinamiento de neonatos y juveniles fue evidente en Alto Golfo de California durante los meses de verano, lo que difiere de lo mencionado por Compagno (2001) y Cartamil et al. (2010, 2016) ya que dichos autores mencionan que la zona que comprende la costa del Estado de California, así como el norte de Baja California en México sería una zona de crianza para esta especie. Es posible que esta especie encuentre refugio y alimento suficiente en el Alto Golfo y pase estas primeras etapas de su vida en dicha zona, por lo cual pudiera considerarse una nueva zona de crianza de *A. vulpinus*.

CONCLUSIONES

- La mayor parte de las capturas de *P. glauca* en el Pacífico Mexicano durante 2006-2013 fueron organismos de entre 4 y 9 años de edad, la captura de *I. oxyrinchus* y de *A. vulpinus* se compuso principalmente por juveniles de 3 años de edad.
- La talla media de madurez sexual encontrada en este estudio para la especie *P. glauca* coincide con lo reportado por otros autores en esta zona, así mismo en el caso de los machos de *I. oxyrinchus*. Hacen falta más estudios para establecer la talla media de madurez sexual de *A. vulpinus* en esta zona, ya que además de haber contado con pocas muestras, no se llevaron a cabo disecciones, las cuales son imprescindibles para establecer el estadio sexual de las hembras.
- La relación LF-LT estuvo bien sustentada para *P. glauca* e *I. oxyrinchus*, por lo que los valores obtenidos pueden ser utilizados para la obtención de la Longitud total cuando los organismos carezcan de aleta caudal. Es necesaria más información sobre *A. vulpinus* ya que las variables antes mencionadas tuvieron 50% o menos de correlación.
- La relación P-LT estuvo moderadamente sustentada para *P. glauca* e *I. oxyrinchus* (60%), en *A. vulpinus* sólo estuvieron ligeramente correlacionadas (40%). Esto puede deberse a que en ocasiones el peso es estimado por los observadores con base en la observación y la experiencia a falta del equipo o el tiempo para hacerlo durante las labores de cobrado del palangre. Las tres especies presentaron crecimiento alométrico negativo, el cual es común entre los elasmobranquios.
- La costa de Baja California y Baja California Sur mostró ser un área de importancia para los juveniles de *P. glauca*, ya que durante los 4 trimestres de los 8 años de estudio se registró presencia de neonatos y juveniles de un año de edad. Los neonatos y juveniles de *I. oxyrinchus* mostraron movimientos migratorios que iban de sur a norte del Pacífico Mexicano conforme aumentaba la TSM en el Pacífico Central, por lo que la zona comprendida desde las Islas Revillagigedo, Islas Marías y hasta la bahía Sur de California es un área de importancia para los juveniles de un año y neonatos de tiburón Mako. No se encontraron patrones o movimientos migratorios de juveniles de la especie *A. vulpinus*, probablemente debido a que las preferencias de hábitat de esta especie los hace menos susceptibles a ser capturados por medio de palangre de la flota de mediana

altura, y eso, a su vez, se traduce en escasez de datos para el análisis de la distribución de juveniles de tiburón zorro.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RIESGO ECOLÓGICO

Resumen

Debido a las características propias de la historia de vida de los tiburones, sus poblaciones responden rápida y negativamente a los efectos antropogénicos y ambientales adversos, lo que dificulta la toma de decisiones para su conservación. El análisis de riesgo ecológico (ARE), también conocido como de Productividad y Susceptibilidad (APS) es un método útil y rápido para evaluar la vulnerabilidad de las poblaciones de tiburones y priorizar las estrategias de manejo y conservación. Este análisis se realiza seleccionando e incluyendo diversas variables de acuerdo a la información disponible y el criterio de los investigadores. En años recientes, los AREs han integrado en las evaluaciones otro tipo de datos como los genéticos y climatológicos, con el propósito de mejorar el entendimiento sobre la biología y ecología de los tiburones. El objetivo de este trabajo fue evaluar el riesgo ecológico de tres especies de tiburones comúnmente capturadas en el Pacífico Mexicano, incorporando en el análisis información genética. La hipótesis planteada fue que al integrar variables como la estructura genética (F_{st} y G_{st}), índices de heterogeneidad y diversidad genética (h y π) en el APS, se obtendrán resultados más completos y confiables con relación a la susceptibilidad de las especies evaluadas. Para la evaluación se utilizó el procedimiento del APS propuesto por Walker (2005), ponderando mediante revisión de literatura las diferentes variables consideradas. Los resultados revelaron que la especie *Alopias vulpinus* presenta un mayor nivel de riesgo ecológico, con un valor de vulnerabilidad (v) de 1.97. mientras que, *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus* presentaron un nivel medio de riesgo ecológico, con valores de vulnerabilidad (v) de 1.73 y 1.67, respectivamente. Estos resultados proporcionan un marco de referencia para determinar el nivel de riesgo de las especies evaluadas e identificar las prioridades en términos de manejo y conservación de los recursos pesqueros.

Introducción

Para la conservación de especies explotadas es fundamental conocer los procesos que afectan la diversidad genética y la estructura poblacional (Arenas et al., 2012). La sobrepesca puede disminuir la variabilidad genética mediante cuellos de botella, causar la pérdida de poblaciones genéticamente únicas, propiciar la maduración sexual temprana, y reducir la adaptabilidad de las poblaciones silvestres (Hutchings y Reynolds 2004). Por todo lo anterior, entender la estructura y conectividad poblacional de los recursos marinos es un prerequisite esencial para desarrollar estrategias para la gestión efectiva de los recursos pesqueros en por lo menos 2 formas críticas: (i) la delineación de una escala espacial apropiada para la gestión y (ii) la especificación de subáreas, dentro de unidades de gestión más amplias, que deben ser protegidas de la explotación (Fogarty y Botsford 2007, Hilário et al., 2015).

La adopción de criterios genéticos y evolutivos en el manejo de recursos naturales ha llevado al reconocimiento de unidades de gestión, que representan poblaciones funcionalmente independientes, o grupos de poblaciones, caracterizados por niveles bajos de flujo génico (Moritz 1994). La información genética y molecular que se ha generado sobre las poblaciones de tiburón en los últimos años funge como herramienta importante en la biología de la conservación puesto que permite proponer políticas de conservación en unidades incluso por debajo del nivel de especie (Domínguez–Domínguez y Vázquez–Domínguez 2009). Shaklee y Bentzen (1998) mencionan que la caracterización de la heterogeneidad genética y el uso subsiguiente de esta información por los administradores pesqueros es fundamental para el éxito a largo plazo de la conservación y ordenación de los programas de pesca. Sin embargo, una de las principales barreras para que esto se lleve a cabo es la dificultad en el manejo, interpretación y aplicación de este tipo de conceptos tanto por los profesionales de la biología como por los tomadores de decisiones en el ámbito pesquero y jurídico. Por lo cual, hace falta una herramienta que ayude a integrar este tipo de datos a los ordenamientos de manejo pesquero de manera que complementen la información que tradicionalmente se obtiene de la biología pesquera, reproductiva, fisiología, etología, etc

Debido a características inherentes a su historia de vida, los tiburones responden rápida y negativamente a efectos ambientales y antropogénicos adversos. Puesto que la mayoría de las especies comparten estas características, se dificulta la toma de decisiones para su conservación. La Evaluación del Riesgo Ecológico por Efecto de la Pesca (ERAEF) es un método de evaluación rápida que identifica y prioriza los riesgos por los efectos de la pesca, éste análisis puede ser llevado a cabo en tres niveles: cualitativo, semi-cuantitativo y cuantitativo. El Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS) es el segundo nivel de análisis de la ERAEF y es un método muy útil y rápido para evaluar la vulnerabilidad de las poblaciones de tiburones y priorizar las estrategias de manejo y conservación. Este análisis permite hacer uso de bases de datos históricas incompletas, así como de incluir o excluir variables a criterio del investigador.

En este capítulo llevamos a cabo una revisión de literatura para seleccionar las variables genéticas con sus respectivos valores que pudieran ser integradas a un APS, de manera que la gráfica de riesgo y los valores de susceptibilidad y vulnerabilidad sean estimados considerando esta información. Además empleamos los datos proporcionados por los observadores científicos a bordo de la flota palangrera del Pacífico Mexicano para calcular las variables de productividad que tradicionalmente se emplean en este tipo de estudios.

Material y métodos.

Determinación y ponderación de atributos genéticos que serán incluidos en el Análisis de Productividad y Susceptibilidad.

Revisión del marco jurídico que regula la pesquería de tiburones y especies afines en México.

Se llevó a cabo una revisión histórica de todas las disposiciones, normatividad, ordenamientos y leyes que se relacionan directa o indirectamente con la extracción, aprovechamiento y conservación de los elasmobranquios en México. Lo anterior se realizó persiguiendo tres objetivos:

1. Conocer si a la fecha se considera la conservación de la información genética de los organismos en la legislación mexicana,
2. cómo se pondera o maneja este tipo de datos en los documentos oficiales y
3. que las variables genéticas que sean evaluadas dentro del APS tengan, preferentemente, respaldo o algún antecedente en la normatividad mexicana.

En la Tabla 31 se enlistan los principales elementos del marco jurídico de la pesquería de tiburones y especies a fines que fueron revisadas, así como el año en el cual se publicó cada una de ellas.

Tabla 39. Elementos del marco jurídico de la pesquería de tiburones y rayas con su respectiva fecha de publicación.

Documento	Año de publicación
Art. 27° Constitucional	1917
Ley Federal del Mar	1986
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	1988
Ley de Pesca	1992
Plan de Acción Nacional para la Conservación y Ordenamiento de los Tiburones (PANMCT)	2004
NOM-029-PESC Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento	2006
Ley General de Acuicultura y Pesca Sustentables	2007
NOM-059-SEMARNAT Lista de especies en riesgo	2010
Carta Nacional Pesquera	2000
Carta Nacional Pesquera	2004

(Cont. Tabla 31)

Documento	Año de publicación
Carta Nacional Pesquera	2006
Carta Nacional Pesquera	2010
Carta Nacional Pesquera	2012
Acuerdo para el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de tiburones y rayas	2012

Selección de variables y revisión de literatura para su ponderación

Una vez seleccionadas los atributos genéticos que tuviesen antecedentes en la legislación mexicana, se llevó a cabo una revisión de literatura para poder designar rangos y límites que dieran base a la ponderación de cada atributo como “Alto “Moderado” o “Bajo” nivel de susceptibilidad. Se consultó únicamente literatura específica para tiburones concentrando la siguiente información en una base de datos:

- Marcador utilizado
- Especie de estudio
- Región o zona donde se llevó a cabo el estudio
- Valor de la variable genética 1
- Valor de la variable genética 2
- Cita bibliográfica

Determinación de rangos y ponderación de los atributos genéticos seleccionados.

Con base en la literatura consultada se estableció un valor máximo, medio y mínimo para cada atributo. Estos valores dieron pie al establecimiento de los tres rangos que fueron ponderados por el APS: Alta, Moderada y Baja susceptibilidad.

La misma base de datos proporcionó la información genética para nuestras tres especies de interés: *P. glauca*, *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus*.

Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS).

Para la Evaluación de Riesgo Ecológico de estas tres especies llevamos a cabo dos APS. En el primero, empleamos los atributos y ponderaciones propuestas por Patrick *et al...*

(2009), con la intención de poder observar y comparar los resultados del análisis al integrar los atributos o variables genéticas. En el segundo APS, eliminamos los atributos de susceptibilidad cuya calidad de información fuese moderada o baja, para sustituirlos por los atributos genéticos que fueron seleccionadas con la metodología previamente descrita.

Atributos de productividad biológica

En la Tabla 33 se observan los atributos de productividad que fueron ponderados en nuestro APS, así como el valor de la calidad de la información dependiendo de si fue calculada a partir de los datos de observadores científicos (1) u obtenida de literatura (2). A todas las variables se les proporcionó el mismo peso en el análisis

Atributos de susceptibilidad a la pesca

En la Tabla 34 se enlistan y definen los atributos de susceptibilidad a la pesca que fueron ponderados en el primer APS, el cual no considera atributos genéticos, sino únicamente las características de la pesquería y como ésta interactúan con el comportamiento y morfología de la especie. También se muestra el valor de la calidad de la información de donde se obtuvo cada atributo, dependiendo si tiene su origen en nuestra base de datos de observadores científicos (1) o fue obtenido de literatura (2). Todos los atributos fueron ponderados con el mismo peso en el análisis.

Atributos de susceptibilidad a la pesca y de variabilidad genética.

En la Tabla 35 se enlistan y definen los atributos de susceptibilidad a la pesca y los de variabilidad genética que fueron seleccionados de literatura para ser incluidos en este segundo APS. Con el fin de integrar los cuatro atributos genéticos, fueron eliminados cuatro atributos de susceptibilidad con los cuales no se contaba información, cuando ésta era de baja calidad o cuando el valor del atributo era el mismo para las tres especies. Los atributos de susceptibilidad de los cuales prescindimos fueron:

- Supervivencia post-captura o descarte o liberación
- Estacionalidad de la pesquería
- Objetivo de la pesquería
- Valor de la pesquería

En este análisis se integran los atributos que estiman la variabilidad genética de las especies evaluadas, discriminando la información obtenida de marcadores moleculares nucleares de la de marcadores mitocondriales, puesto que se sabe de antemano que no siempre se contará con ambas fuentes de información y que cada una proporciona rangos de variabilidad distintos. Puesto que en este estudio no se llevó a cabo trabajo de laboratorio para la obtención de nuestros propios resultados genéticos, sino que toda la información fue obtenida de literatura, la calidad de la misma fue calificada con 2 cuando la información provenía de estudios realizados en nuestra zona de estudio y con 3 cuando, al no encontrar literatura para esta área, se optó por tomar datos de zonas más alejadas. Todos los atributos, tanto los pesqueros como los genéticos, fueron ponderados con el valor de 2, según lo sugerido por Apel (2012). La calidad de los datos fue estimada de acuerdo a Patrick et al. (2009), como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 40. Ponderación de la calidad de los datos en el APS (Tomado de Patrick et al.. 2009).

Calidad de los Datos	Descripción	Ejemplo
1	Mejores datos Información basada en la recolección de datos para la población y/o especie en el área de interés	Estudios acerca de la población o especie que provienen de datos tomados en campo y utilizando diversos métodos
2	Datos adecuados Información con cobertura o corroboración limitada, o por otras razones no se considera tan fiable como en el nivel 1	Datos limitados espacial o temporalmente, información relativamente "vieja", etc
3	Datos limitados Datos estimados con gran variación y nivel de confianza limitada, pueden basarse en taxones con ciclos de vida similares	Géneros similares o familias, etc
4	Datos muy limitados Opinión de expertos o basados en literatura general de un amplio número de especies o fuera de la región	Datos generales - sin referencias

Calidad de los Datos	Descripción	Ejemplo
5	Sin datos No existe información para dar un valor al atributo, no se incluye en el PSA, pero se incluye en el apartado de calidad de los datos	

Tabla 41. Atributos de productividad biológica evaluados en el APS (Patrick et al. 2009)

Atributo de productividad	Definición	Alto	Moderado	Bajo	Calidad de la información	Peso del atributo
Crecimiento de la población (r)	Es la tasa intrínseca de crecimiento de la población o la tasa máxima de crecimiento de la población que ocurriría bajo condiciones naturales.	> 0.5	0.16 – 0.5	< 0.16	2	2
Edad máxima (tmax)	La edad promedio máxima esperada, para la población en condiciones naturales. Esta en relación directa con la tasa de mortalidad natural (M). A bajos valores de M corresponden edades máximas altas.	< 10 años	10 – 20 años	> 20 años	1	2
Longitud máxima (Lmax)	Longitud máxima registrada para la especie. Se relaciona con la productividad, ya que las especies de longitud máxima más grandes suelen tener una baja productividad biológica.	< 150 cm	150 – 250 cm	> 250 cm	1	2
Constante de crecimiento de von Bertalanffy (k)	Es un valor que cuantifica la velocidad a la que un pez alcanza su 2talla máxima.	> 0.3	0.05 – 0.3	< 0.05	2	2
Mortalidad natural estimada (M= 1.6*k)	Se refiere a la 2proporción de 2peces que mueren por causas ajenas a la pesca (como depredación, envejecimiento o enfermedad).	> 0.3	0.1 – 0.3	< 0.1	1	2
Fecundidad	Número de crías promedio producidas por una hembra de talla/edad determinada.	> 15 crías	4 – 15 crías	< 4 crías	2	2
Edad de madurez (E50%)	Edad a la cual el 50% de los individuos de una población de un sexo determinado son maduros.	< 4 años	4 – 10 años	> 10 años	1	2
Nivel trófico	Niveles dentro de la red trófica. Los niveles más altos están ocupados por los grandes depredadores, los niveles tróficos más bajos por las plantas.	< 3.3	3.3 – 3.8	> 3.8	2	2
Longitud de madurez (L50%)	Longitud a la cual el 50% de los individuos de una población de un sexo determinado son maduros.	< 100 cm	100 – 150 cm	> 150 cm	1	2
Ciclo reproductivo	Periodicidad con la que la especie se reproduce.	Bianual	Anual	Bienal	2	2

Tabla 42. Atributos de susceptibilidad a la pesca evaluados en el APS (Patrick, et al. 2009)

Atributo de susceptibilidad	Definición	Bajo	Moderado	Alto	Calidad de la información	Peso del atributo
Estrategia de manejo	La especie cuenta con algún tipo de protección o estrategia de manejo para reducir las capturas.	Especies con protección especial (captura prohibida)	Especies con vedas temporales.	Especies sin protección especial y sin vedas temporales.	1	2
Traslape horizontal (Disponibilidad)	Probabilidad de que la flota pesquera interactúe con la población en el plano horizontal.	< 25% de la población se encuentra en el área de pesca	Entre el 25% y 50% de la población se encuentra en el área de pesca	> 50% de la población se encuentra en el área de pesca	2	2
Concentración geográfica	Porcentaje de la distribución que es ocupada por la especie.	La población se encuentra en > 50% de su distribución	La población se encuentra entre el 25% y el 50% de su distribución	La población se encuentra en < 25% de su distribución	2	2
Traslape vertical (Posibilidad de encuentro)	Probabilidad de que el equipo de pesca se encuentre con la población en la columna de agua (en el plano vertical). Es la posición de la población en la columna de agua (p.e., demersal o pelágica) con respecto al equipo de pesca.	< 25% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	Entre el 25% y 50% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	> 50% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	2	2
Migraciones estacionales	Migraciones de la población hacia o desde la zona de pesca (p.e., migraciones por alumbramiento o alimentación) que influyen en la interacción entre la población y la pesquería.	Las migraciones estacionales disminuyen el traslape con la pesquería	Las migraciones estacionales no afectan el traslape con la pesquería	Las migraciones estacionales aumentan el traslape con la pesquería	1	2
Agregaciones y otras respuestas de comportamiento	Agregaciones en áreas determinadas por alimentación o reproducción. A diferencia de las migraciones estacionales, en las agregaciones los individuos permanecen por más tiempo (por ejemplo 2-3 meses). Podría decirse que las migraciones ocurren durante los traslados hacia estas zonas donde permanecen por periodos más largos.	El comportamiento disminuye la capturabilidad (efectividad de captura con el equipo de pesca)	El comportamiento no afecta la capturabilidad	El comportamiento aumenta la capturabilidad	1	2

(cont. Tabla 8)

Atributo de susceptibilidad	Definición	Bajo	Moderado	Alto	Calidad de la información	Peso del atributo
La morfología afecta la captura	La capacidad del equipo de pesca para capturar a la especie en función de sus características morfológicas (p.e., la forma del cuerpo, espinas, forma de la cabeza, etc.).	La especie muestra selectividad baja al equipo de pesca	La especie muestra selectividad moderada al equipo de pesca	La especie muestra selectividad alta al equipo de pesca	1	2
Sobrevivencia post-captura o descarte o liberación	La especie sobrevive después de su captura cuando es liberada o descartada.	Probabilidad de sobrevivencia > 67%	Probabilidad de sobrevivencia entre 33% y 67%	Probabilidad de sobrevivencia < 33%	2	2
Estacionalidad de la pesquería	Número de meses que la pesquería está activa.	< 4 meses	4 - 8 meses	> 8 meses	1	2
Objetivo de la pesquería	La especie estudiada es el objetivo de la pesquería o captura incidental.	La especie es parte de la captura incidental (con valor bajo o nulo)	La especie es parte de la captura incidental (con valor medio a alto)	La especie es el objetivo de la pesquería	1	2
Selectividad del equipo (CPUE) *CPUE por tipo de pesquería	Estima la eficiencia de los equipos de pesca para capturar a la especie.	< 3	3 - 10	> 10	1	2
Valor de la pesquería	Se asume que las especies altamente valoradas en el mercado son más propensas a la sobrepesca	El stock no es altamente valorado por la pesquería	El stock es moderadamente valorado por la pesquería	El stock es altamente valorado por la pesquería	2	2

Tabla 43. Atributos de susceptibilidad a la pesca y variabilidad genética evaluados en el APS (modificado de Patrick et. al. 2009)

Atributo de susceptibilidad y variabilidad	Definición	Bajo	Moderado	Alto	Calidad de la información	Peso del atributo
Estrategia de manejo	La especie cuenta con algún tipo de protección o estrategia de manejo para reducir las capturas.	Especies con protección especial (captura prohibida)	Especies con vedas temporales.	Especies sin protección especial y sin vedas temporales.	1	2
Traslape horizontal (Disponibilidad)	Probabilidad de que la flota pesquera interactúe con la población en el plano horizontal.	< 25% de la población se encuentra en el área de pesca	Entre el 25% y 50% de la población se encuentra en el área de pesca	> 50% de la población se encuentra en el área de pesca	2	2
Concentración geográfica	Porcentaje de la distribución que es ocupada por la especie.	La población se encuentra en > 50% de su distribución	La población se encuentra entre el 25% y el 50% de su distribución	La población se encuentra en < 25% de su distribución	2	2
Traslape vertical (Posibilidad de encuentro)	Probabilidad de que el equipo de pesca se encuentre con la población en la columna de agua (en el plano vertical). Es la posición de la población en la columna de agua (p.e., demersal o pelágica) con respecto al equipo de pesca.	< 25% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	Entre el 25% y 50% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	> 50% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	2	2
Migraciones estacionales	Migraciones de la población hacia o desde la zona de pesca (p.e., migraciones por alumbramiento o alimentación) que influyen en la interacción entre la población y la pesquería.	Las migraciones estacionales disminuyen el traslape con la pesquería	Las migraciones estacionales no afectan el traslape con la pesquería	Las migraciones estacionales aumentan el traslape con la pesquería	1	2
Agregaciones y otras respuestas de comportamiento	Agregaciones en áreas determinadas por alimentación o reproducción. A diferencia de las migraciones estacionales, en las agregaciones los individuos permanecen por más tiempo (por ejemplo 2-3 meses). Podría decirse que las migraciones ocurren durante los traslados hacia estas zonas donde permanecen por periodos más largos.	El comportamiento o disminuye la capturabilidad (efectividad de captura con el equipo de pesca)	El comportamiento no afecta la capturabilidad	El comportamiento o aumenta la capturabilidad	1	2

(cont. Tabla 35)

Atributo de susceptibilidad	Definición	Bajo	Moderado	Alto	Calidad de la información	Peso del atributo
La morfología afecta la captura	La capacidad del equipo de pesca para capturar a la especie en función de sus características morfológicas (p.e., la forma del cuerpo, espinas, forma de la cabeza, etc.).	La especie muestra selectividad baja al equipo de pesca	La especie muestra selectividad moderada al equipo de pesca	La especie muestra selectividad alta al equipo de pesca	1	2
Selectividad del equipo (CPUE) *CPUE por tipo de pesquería	Estima la eficiencia de los equipos de pesca para capturar a la especie.	< 3	3 - 10	> 10	1	2
Estructura genética (Fst) con base en ADN mitocondrial	Proporción de la variación genética encontrada entre poblaciones calculada a partir de marcadores genéticos mitocondriales	<0.002	0.3-0.002	>0.3	2	2
Estructura genética (Fst) con base en ADN nuclear	Proporción de la variación genética encontrada entre poblaciones calculada a partir de marcadores genéticos nucleares	<0.002	0.06-0.002	>0.06	2	2
Diversidad haplotípica (h)	Probabilidad de que dos haplotipos seleccionados al azar sean diferentes (Nei, 1987)	<0.3	0.8-0.3	>0.8	2	2
Porcentaje de diversidad nucleotídica (pi)	Número promedio de diferencias nucleotídicas por sitio entre dos secuencias de ADN seleccionadas al azar (Nei y Li, 1979)	<0.008	0.6-0.008	>0.6	2	2

Resultados

Determinación y ponderación de atributos genéticos que serán incluidos en el Análisis de Productividad y Susceptibilidad.

Revisión del marco jurídico que regula la pesquería de tiburones y especies afines en México.

En nuestro país, los orígenes de la protección a los tiburones se remontan al año de 1917 con el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. En los párrafos 1º, 4º, 5º, 6º y 8º respectivamente se establece que las aguas dentro del territorio mexicano, así como el dominio directo de los recursos naturales pertenecen a la nación, el agua es de propiedad Federal, el aprovechamiento de los recursos naturales se debe llevar a cabo conforme a las leyes del Estado Mexicano y finalmente comienzan a delimitarse la Zona Económica Exclusiva y el mar territorial del país.

En 1986 es promulgada la Ley Federal del Mar, donde se determinan las zonas marinas mexicanas y se hace hincapié en el aprovechamiento, protección y conservación de los recursos que el mar proporciona; así mismo son establecidos los principios que deben ser observados durante la aplicación de la investigación en el mar.

Con la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico (LGEEPA) en 1988 y hasta su más reciente actualización en 2013 se le da importancia a la conservación y protección de los recursos marinos. Se privilegia la investigación como fuente de conocimiento de las especies, y es en las actualizaciones realizadas en 1996 y 2011 cuando se incluye terminología relacionada a la genética y al desarrollo sustentable. Es en este documento donde se establece lo que debe incluir un programa de ordenamiento ecológico marino, además se menciona que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales deberá promover la generación de conocimiento e información que permita elaborar programas para prevenir, conservar y restaurar el medio ambiente. En su Capítulo III, artículos 79 y 83 se hace referencia a la importancia del manejo de la flora y fauna silvestre basado en el conocimiento biológico tradicional, el material genético y los procesos evolutivos entre otras cosas. Finalmente en el capítulo IV se menciona que el aprovechamiento de los recursos marinos deberá realizarse sin afectar el equilibrio ecológico.

La Ley de Pesca, publicada en 1992, tiene por objetivo garantizar la conservación, preservación, y aprovechamiento racional de los recursos pesqueros y establecer las bases para su adecuado fomento y administración. En esta ley se menciona que la Secretaría de Pesca (actualmente Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; SAGARPA) establecería servicios de investigación, genética, nutrición, etc. Ésta ley es abrogada en 2007 por la Ley General de Acuicultura y Pesca Sustentables; la cual en su título tercero menciona que la investigación científica y tecnológica debe consolidarse como herramienta fundamental para la definición e implementación de políticas, instrumentos, medidas, mecanismos y decisiones relativos a la conservación, restauración, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas. A pesar de hacer referencia a términos como “genética”, “sustentabilidad”, “desarrollo sustentable” y “aprovechamiento sustentable”, éstos carecen de definición en el documento.

El Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines (PANMCT) publicado en 2004, es el conjunto de directrices y programas permanentes de investigación, regulación, vigilancia y educación, para ordenar y optimizar las modalidades de aprovechamiento y conservación de estos recursos en aguas de jurisdicción federal de México. Dentro de los objetivos específicos de este Plan de Acción, se encuentran aspectos como conocer la genética poblacional y evaluar el estado actual de las poblaciones de elasmobranquios. Así mismo se definen y hace referencia a terminología como “genética”, “aprovechamiento sostenible” y “sustentabilidad”.

La Norma Oficial Mexicana encargada de regular la pesca de elasmobranquios es la NOM-029-PESC-2006 “Pesca Responsable de Tiburones y Rayas. Especificaciones para su aprovechamiento.” Este documento contempla aspectos casi exclusivamente pesqueros y se hace mención de la necesidad de información biológica. No se definen términos ecológicos como “población” ni se mencionan aspectos de genética cuando la legislación previa y de la cual la NOM-029-PESC-2006 es reglamentaria, sí lo hace.

En la NOM-059-SEMARNAT-2010 “Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo”, dentro de sus criterios para la inclusión, cambio o

exclusión de especies, subespecies y poblaciones en las categorías de riesgo se toma en cuenta aspectos como el deterioro genético, variabilidad genética, variación molecular, estructura genética molecular, cantidad de variación genética e incluso el nivel de diferenciación entre poblaciones. En esta norma se le asignan ponderaciones a ciertas variables de origen genético con el fin de evaluar el nivel de protección que se le asignará a una especie dada. Esto se incluye en el “Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca” de los Anexos Normativos I y II: Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México y Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Plantas en México, respectivamente. En el caso de animales, el criterio C se define como “el conjunto de factores relacionados con la historia o forma de vida propios del taxón, que lo hacen vulnerable. Dependiendo de la disponibilidad de información específica, algunos ejemplos de tales factores pueden ser: estrategia reproductiva, parámetros demográficos más relevantes, historia de vida, fenología, intervalos de tolerancia, parámetros fisicoquímicos, aspectos alimentarios, variabilidad genética, grado de especialización, tasa de reclutamiento, efecto nodriza, entre otros.” La vulnerabilidad, en este caso considera tres gradaciones: alta (3), media (2) y baja (1). Para el caso de las plantas se especifica más detalladamente la gradación de este criterio, ya que se proporciona un concepto para “heterocigocidad” y “estructura genética molecular” y se sugieren que éstas pueden ser altas o bajas, proporcionando incluso ejemplos numéricos de estas ponderaciones.

La Carta Nacional Pesquera es un documento publicado por el Instituto Nacional de la Pesca (INAPESCA) que contiene el inventario de recursos pesqueros en aguas de jurisdicción federal que son susceptibles de aprovechamiento, así como la presentación cartográfica y escrita de los indicadores sobre la disponibilidad y conservación de dichos recursos. La primera Carta Nacional Pesquera publicada data del año 2000, donde se incluían definiciones como hibridación, híbrido, introgresión y variabilidad genética en el glosario, mas no se encuentran incluidas en el texto de la carta; en la actualización del 2004, en la sección de” Recomendaciones de manejo y de investigación”, tanto de áreas naturales protegidas como de ciertas especies (por ejemplo tortugas, ballenas, crustáceos y moluscos) se hace hincapié en la necesidad de realizar análisis genéticos para el manejo de las poblaciones así como el mantenimiento de la diversidad y acervo genético. Con las subsecuentes actualizaciones, herramientas moleculares como microsatélites, análisis de

isoenzimas y RFLP's (Polimorfismos de Longitud de los Fragmentos de Restricción, por sus siglas en inglés) adquirieron importancia a nivel normativo, pues fueron mencionadas en la Carta del 2006 para mejoramiento genético de los reproductores y las líneas de producción de especies de importancia comercial en la acuicultura; en la actualización del 2010, se recomienda también su uso para aspectos de conservación donde se mencionan la rama de genética poblacional para la identificación de unidades de manejo de varias especies, así como para dilucidar la estructura de las poblaciones. En la más reciente actualización de la Carta Nacional Pesquera (2012), en la sección de "Distribución" como parte de los indicadores de varias especies se hace referencia a la estructura genética poblacional basados en estudios moleculares. Además de esto se sugiere continuar con este tipo de estudios para definir unidades de manejo para la conservación, mejoramiento genético y estudios poblacionales de distintas especies.

Finalmente, con el "Acuerdo para el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de tiburones y rayas" publicado en el Diario Oficial de la Federación en Junio de 2012 se designa la prohibición de la captura de elasmobranquios en aguas de jurisdicción federal de ambos litorales a partir del 1° de Mayo y hasta el 31 de Julio de cada año para el Océano Pacífico y del 1° de Mayo al 30 de Junio para el Golfo de México y Mar Caribe, adicionando del 1° al 31 de Agosto para Campeche.

En la Tabla 36 se enlistan los documentos que fueron revisados, su año de publicación y los aspectos que considera o regula cada uno de ellos.

Tabla 44. Elementos del marco jurídico de la pesquería de tiburones y rayas revisados en este estudio

Documento	Año	Delimitación geográfica	Pesquero	Genético	Social	Conservación	Investigación
Art. 27° Constitucional	1917	✓			✓		
Ley Federal del Mar	1986	✓	✓		✓	✓	✓
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	1988			✓	✓	✓	✓
Ley de Pesca	1992		✓	✓	✓	✓	✓
Plan de Acción Nacional para la Conservación y Ordenamiento de los Tiburones (PANMCT)	2004	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NOM-029-PESC Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento	2006	✓	✓		✓	✓	✓
Ley General de Acuacultura y Pesca Sustentables	2007		✓	✓	✓	✓	✓
NOM-059-SEMARNAT Lista de especies en riesgo	2010	✓		✓	✓	✓	✓
Carta Nacional Pesquera	2000	✓	✓		✓	✓	
	2004	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2006	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Acuerdo para el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de tiburones y rayas	2012	✓	✓		✓	✓	

Selección de variables y revisión de literatura para su ponderación

Con base en lo encontrado en literatura, seleccionamos un índice de estructura genética (Fst) y dos índices de diversidad genética (diversidad haplotípica y diversidad nucleotídica) para integrar como atributos de susceptibilidad al APS:

- Fst. Definido en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como la “proporción de la variación genética encontrada entre poblaciones”, este modelo matemático es uno de los tres estadísticos F propuestos por Wright (1951) que describe la estructura genética de los organismos diploides; el Fst se interpreta como la varianza de la frecuencia alélica entre poblaciones, estandarizada al valor máximo posible dada la media observada de frecuencias alélicas. Por lo tanto, este modelo mide la diferenciación genética entre poblaciones (Aguirre-Planter, 2007). Fst puede estimarse mediante aloenzimas o datos moleculares de ADN, sin embargo, cada marcador molecular genera sus propios rangos de variación genética debido a los diferentes niveles de resolución de cada uno de ellos, por lo que, en el APS fue incluido un atributo de Fst estimado a partir de marcadores moleculares mitocondriales y otro atributo de Fst estimado a partir de marcadores moleculares nucleares. De esta manera es posible evaluar por separado este índice dependiendo del origen de los datos o prescindir de la información nuclear o mitocondrial según se dé el caso.
- Diversidad haplotípica (h). Es uno de los índices de diversidad genética a nivel poblacional más utilizados a la fecha (Goodall-Copestake et al., 2012) y se interpreta como la probabilidad de que dos haplotipos seleccionados al azar sean diferentes (Nei 1987).
- Diversidad nucleotídica (π). Índice de diversidad genética a nivel poblacional ampliamente utilizado (Goodall-Copestake et al., 2012), se refiere al número promedio de diferencias nucleotídicas por sitio entre dos secuencias de ADN seleccionadas al azar (Nei y Li 1979).

Cabe señalar que el criterio de selección de las variables genéticas arriba descritas fue que tuviesen un antecedente o mención en uno o más de los documentos revisados del marco jurídico que regula la extracción, aprovechamiento y conservación de los elasmobranchios en la República Mexicana.

En la Tabla 37 se muestran los trabajos específicos de tiburón que fueron consultados para obtener los valores de F_{st} , diversidad haplotípica y nucleotídica y poder designar rangos para estas tres variables.

Tabla 45. Literatura consultada para la obtención de valores y rangos de los atributos genéticos a incluir en el APS.

Especie	Zona de estudio	Marcador molecular	F_{st}	h	π	Cita	
<i>Alopias pelagicus</i>	ETP	COI ADNmt		0.586	0.104	Cardeñosa et al. (2014)	
	BC			0.631	0.299		
	Hw			0.755	0.688		
	Tw			0.306	0.13		
	ETP-Hw			0.1458			
	ET-Tw			0.5283			
	BC-Hw			0.1131			
	BC-Tw			0.5092			
	Hw-Tw			0.3728			
	Tw-Hw	mSat ADNn		0.02			
	Tw-BC			0.066			
	Tw-SC			0.043			
	Tw-Ca			0.075			
	Tw-Col			0.047			
Tw-Ecu			0.041				
Hw-Col		0.008					
<i>Alopias pelagicus</i>	Global (Océano Atlántico, Pacífico e Índico)	RC ADNmt	0.719	0.862	0.0051	Trejo (2005)	
<i>Alopias superciliosus</i>	Global (Océano Atlántico, Pacífico e Índico)	RC ADNmt	0.19	0.793	0.0017	Trejo (2005)	
<i>Alopias vulpinus</i>	Global (Océano Atlántico, Pacífico e Índico)	RC ADNmt	0.749	0.782	0.0009	Trejo (2005)	
<i>Carcharhinus brevipinna</i>	Sur del Indo-Pacífico	NADH4 ADNmt	0.01493	0.677	0.0013	Geaghty et al. (2013)	

(cont. Tabla 37)

Espece	Zona de estudio	Marcador molecular	Fst	fi	π	Cita
<i>Carcharhinus galapagensis</i>	Global (Océano Atlántico, Océano Índico y Pacífico)	NADH2 ADNmt	0.29	0.848	0.004	Corrigan et al. (2017)
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Atlántico (EUA) y Golfo de México	RC ADNmt		0.71	0.106	Keeney et al.(2003)
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Océano Atlántico, Océano Pacífico, Océano Índico, Golfo de México, Mar Caribe	RC ADNmt		0.843	0.00413	Keeney y Heist (2006)
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Atlántico-Indo pacífico	RC ADNmt	0.612			Keeney et al. (2006)
	Global (Oeste del Atlántico y Pacífico)			0.843	0.00413	
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Península Árábica	RC ADNmt		0.3054	0.000755	Spaet et al. (2015)
	Mar rojo			0.349	0.000724	
	Península Árábica	mSat ADNn	0.012			
<i>Carcharhinus longimanus</i>	Océano Atlántico, Océano Índico	RC ADNmt	0.1039	0.5953	0.0013	Camargo et al. (2016)
<i>Carcharhinus obscurus</i>	Indonesia	RC ADNmt		0.857	1.044	Ovenden et al. (2009)
	Oeste de Australia	RC ADNmt		0.282	0.16	
	Este de Australia	RC ADNmt		0.667	0.297	
	Indonesia-Oeste de Australia	mSat ADNn	0.191			
<i>Carcharhinus obscurus</i>	Costa Este de EUA, GOM, Brasil, Sudáfrica, Australia, Tw, Perú	RC ADNmt	0.55462	0.84	0.005	Benavides et al... (2011)

(cont. Tabla 37)

Espece	Zona de estudio	Marcador molecular	Fst	fi	π	Cita
<i>Carcharhinus obscurus</i>	Global (Océano Atlántico, Océano Índico y Pacífico)	NADH2 ADNmt		0.904	0.005	Corrigan et al. (2017)
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Global (Océano Pacífico, Índico, Océano Atlántico, Golfo de México)	RC ADNmt	0.6552	0.959	0.00475	Portnoy et al.. (2010)
<i>Carcharhinus sorrah</i>	Indonesia	RC ADNmt	0.751-0.903	0.714	0.267	Ovenden et al. (2009)
	Oeste de Australia	RC ADNmt		0.25	0.067	
	Este de Australia	RC ADNmt		0.782	0.324	
	Golfo de Carpentaria	RC ADNmt		0.642	0.535	
	Indonesia, Oeste de Australia, Este de Australia y Golfo de Carpentaria	mSat ADNn	0.038-0.047			
<i>Carcharhinus sorrah</i>	Península Árábica	RC ADNmt		0.4606	0.001314	Spaet et al. (2015)
	Mar rojo			0.327	0.00103	
	Península Árábica	mSat ADNn				
<i>Carcharhinus galapagensis</i> + <i>Carcharhinus obscurus</i>	Global (Océano Atlántico, Océano Índico y Pacífico)	SNP ADNn	0.4			Corrigan et al. (2017)
<i>Carcharodon carcharias</i>	Noroeste del Atlántico, Sudáfrica	RC ADNmt	0.1			O'Leary et al. (2015)

(cont. Tabla 37)

Espece	Zona de estudio	Marcador molecular	Fst	fi	π	Cita
<i>Carcharodon carcharias</i>		mSat ADNn	0.1057			O'Leary et al. (2015)
	Sudáfrica	RC ADNmt		0.7237	0.0059	
	Noroeste del Atlántico	RC ADNmt		0.7495	0.003	
<i>Centroscyms coelolepis</i>	Océano Atlántico	RC ADNmt	0.00153	0.65	0.0018	Verissimo, (2011)
		mSat ADNn	0.00038			
<i>Galeocerdo cuvier</i>	Global (Oeste del Océano Atlántico, Océano Índico, Océano Pacífico)	RC ADNmt		0.815	0.0027	Bernard et al. (2016)
	Global (Oeste del Océano Atlántico, Océano Índico, Océano Pacífico)	RC-COI ADNmt		0.84	0.0023	
	BAH-WSA	mSat ADNn	0.01			
	WSI-AS		0.004			
	WSI-CP		0.007			
	AS-WSP		0.01			
	AS-CP		0.007			
	ESI-CP		0.004			
	WSP-CP		0.01			
	GOM-WSI		0.137			
	GOM-AS		0.149			
	GOM-ESI		0.129			
	GOM-WSP		0.144			
	GOM-CP		0.136			
	FLE-WSI		0.148			
FLE-AS	0.165					
<i>Galeocerdo cuvier</i>	FLE-ESI		mSat ADNn	0.142		

(cont. Tabla 37)

Especie	Zona de estudio	Marcador molecular	Fst	fi	π	Cita
<i>Galeocerdo cuvier</i>	FLE-WSP	mSat ADNn	0.157			Bernard et al. (2016)
	FLE-CP		0.148			
	BAH-WSI		0.16			
	BAH-AS		0.175			
	BAH-ESI		0.151			
	BAH-WSP		0.172			
	BAH-CP		0.16			
	USVI-WSI		0.148			
	USVI-AS		0.163			
	USVI-ESI		0.141			
	USVI-WSP		0.16			
	USVI-CP		0.153			
	WSA-WSI		0.148			
	WSA-AS		0.16			
	WSA-ESI		0.14			
	WSA-WSP		0.158			
WSA-CP	0.146					
<i>Isurus oxyrinchus</i>	NWA	RFLP ADNmt		0.507	0.176	Heist et al. (1996)
	NCA			0.652	0.267	
	SWA			0.806	0.365	
	SWP			0.909	0.512	
	NEP			0.86	0.381	
	Global			0.755	0.347	
<i>Isurus oxyrinchus</i>	Global (Atlántico Norte y Océano Pacífico)	RC ADNmt		0.92	0.007	Taguchi et al. (2011)
	Dentro de las subpoblaciones	RC ADNmt	0.223			
	Entre las subpoblaciones	RC ADNmt	0.048			

(cont. Tabla 37)

Especie	Zona de estudio	Marcador molecular	Fst	fi	π	Cita
<i>Negaprion acutidens</i>	Taiwán, Polinesia Francesa, Nueva Caledonia, Australia	RC ADNmt		0.28	0.00056	Schultz et al. (2008)
<i>Negaprion acutidens</i>	Polinesia Francesa-Oeste de Australia	mSat ADNn	0.0701			Schultz et al. (2008)
	Polinesia Francesa-Este de Australia		0.0871			
<i>Negaprion brevis</i>	Pacífico mexicano, Bahamas, Brasil, Guinea Bissau	RC ADNmt		0.78	0.00585	Schultz et al. (2008)
<i>Negaprion brevis</i>	Guinea Bissau- Bahamas	mSat ADNn	0.24			Schultz et al. (2008)
	Guinea Bissau- Brasil		0.23			
	Bahamas- Brasil		0.057			
<i>Prionace glauca</i>	Indonesia	RC ADNmt		0.894	0.74	Ovenden et al. (2009)
	Pacífico medio-Oriental	RC ADNmt		0.895	0.742	
	Oeste de Australia	RC ADNmt		1	0.878	
	Este de Australia	RC ADNmt		0.89	0.778	
<i>Prionace glauca</i>	Océano Atlántico (Portugal, Azores, Sudáfrica)	RC ADNmt	0.016	0.87	0.006	Sampaio de Corta (2013)
		mSat ADNn	0.002			
<i>Prionace glauca</i>	Océano Pacífico Central	CytB ADNmt		0.517- 0.768	0.0007- 0.0011	W Li et al. (2016)
<i>Prionace glauca</i>	Ecuador	RC ADNmt		0.887	0.007	Escovar-Fadul et al. (2017)
	Costa Rica			0.944	0.0088	

(cont. Tabla 37)

Especie	Zona de estudio	Marcador molecular	Fst	fi	π	Cita
<i>Prionace glauca</i>	Oeste del Pacífico Tropical	RC ADNmt		0.93	0.078	Escovar-Fadul et al (2017)
	Pacífico Tropical (Este y Oeste)	mSat ADNn	0.079			
<i>Rhizoprionodon acutus</i>	Australia	mSat ADNn	0.038			Ovenden et al. (2011)
		NADH4 ADNmt	0.751	0.7778-0.8277	0.003445-0.003895	
	Indonesia central	mSat ADNn	0.047			
		NADH4 ADNmt	0.903	0.8331-0.8897	0.003860-0.002089	
Australia e Indonesia central	mSat ADNn	0.0579				
<i>Rhizoprionodon acutus</i>	Península Árabe	RC ADNmt		0.6599	0.001265	Spaet et al. (2015)
	Mar rojo			0.7365	0.001397	
	Península Árabe	mSat ADNn	0.002			
<i>Rhyncodon typus</i>	Golfo de Arabia	DL2 ADNmt	0			Egelyng-Sigsgaard et al. (2016).
	Océano Indo-Pacífico	DL2 ADNmt	0.03		0.00692	
	Océano Atlántico	DL2 ADNmt	0.3			
<i>Sphyrna californica</i>	Pacífico	RC ADNmt	0.4451	0.957	0.055	Ramírez-Amaro et al. (2017)
	Golfo de California	RC ADNmt		0.982	0.008	
<i>Sphyrna lewini</i>	Global (Océano Atlántico, Pacífico e Índico)	RC ADNmt	0.749	0.8	0.013	Duncan et al. (2006)
<i>Sphyrna lewini</i>	Indonesia	RC ADNmt		0.738	1.112	Ovenden et al. (2009)
	Este de Australia	RC ADNmt		0.59	0.204	
	Oeste de Australia	RC ADNmt		0.5	1.631	
<i>Sphyrna lewini</i>	Este del Océano Pacífico	RC ADNmt	0.031			Nance et al. (2011)
		mSat ADNn	0.005			

(cont. Tabla 37)

Espece	Zona de estudio	Marcador molecular	Fst	h	π	Cita
<i>Sphyrna lewini</i>	Australia e	NADH4 ADNmt		0.1947- 0.4111	0.000372- 0.001249	Ovenden et al. (2011)
	Indonesia central	NADH4 ADNmt		0.4098- 0.4886	0.001064- 0.007120	
	Australia e Indonesia central	mSat ADNn	0.0016			
<i>Sphyrna lewini</i>	Océanos Pacífico, Índico y Atlántico	mSat ADNn	0.041			Daly-Engel et al. (2012)
		ADNmt	0.499			
<i>Sphyrna lewini</i>	Península Arábiga	RC ADNmt		0.4661	0.000116	Spaet et al. (2015)
	Mar rojo			0.4998	0.000086	
	Península Arábiga	mSat ADNn	0.006			
<i>Sphyrna mokarran</i>	Océano Atlántico y Océano Índico	RC ADNmt		0.64		Duncan et al. (2006)
<i>Sphyrna zygaena</i>	Océano Atlántico y Océano Índico	RC ADNmt		0.83		Duncan et al. (2006)
<i>Squalus acanthias</i>	Océano Atlántico (norte y sur), Océano Pacífico (norte y sur)	NADH2 ADNmt	0.676	0.839	0.0086	Verissimo (2011)
		mSat ADNn	0.04			

Abreviaturas de marcadores moleculares:

RC= Región Control, ADNmt= ADN mitocondrial, ADNn= ADN nuclear, DL2=D-Loop 2, NADH2= Nicotinamida Adenina Dinucleótido Deshidrogenasa subunidad 2, NADH4= Nicotinamida Adenina Dinucleótido Deshidrogenasa subunidad 4, Cytb= Citocromo B, COI= Citocromo Oxidasa I, SNP= Polimorfismo de nucleótido único, RFLP= Polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción

Abreviaturas de zonas de estudio:

GOM= Golfo de México, FLE= Costa Este de Florida, BAH= Bahamas, USVI=Islas Virginia de Estados Unidos, WSA= Suroeste del Océano Atlántico, WSI= Suroeste del Océano Índico, AS= Mar de Andamán, ESI= sureste del Océano Índico, WSP= Suroeste del Océano Pacífico, CP= Océano Pacífico Central, ETP= Este del Océano Pacífico, BC= Baja California, Hw= Hawaii, Tw= Taiwan, SC= Sur de California, Ca= California, Col= Colombia, Ecu= Ecuador, NWA= Noroeste del Atlántico, NCA= Centro del Atlántico Norte, SWA= Atlántico suroeste, SWP= Pacífico suroeste, NEP= Noreste del Pacífico

Determinación de rangos y ponderación de los atributos genéticos seleccionados.

Con base en la literatura consultada establecimos un valor máximo, medio y mínimo para el F_{st} (estimado a partir de ADN_{mt} y ADN_n), para la diversidad haplotípica y la diversidad nucleotídica. Estos valores dieron pie al establecimiento de los tres rangos que fueron ponderados por el APS: Alta, Moderada y Baja susceptibilidad. Debido a que una menor variabilidad genética le proporciona a la especie o población más susceptibilidad a perder riqueza genética por efecto de la pesca, los rangos altos de diversidad y estructura genética fueron ponderados como bajos niveles de susceptibilidad, y viceversa. En la Tabla 38 se muestran dichos rangos y valores.

Tabla 46. Valores y rangos de ponderación de las variables de estructura y diversidad genética. (ADN_{mt} = ADN mitocondrial, ADN_n = ADN nuclear, h =diversidad haplotípica, π = diversidad nucleotídica).

Valores:		Mínimo	Medio	Máximo
Estructura genética	Fst (ADN_{mt})	0.0025	0.334	0.8964
	Fst (ADN_n)	0.002	0.0617	0.75
Diversidad genética	h	0.0086	0.641	5.5
	π	0.282	0.784	1.0
Rangos:		Alto	Moderado	Bajo
Estructura genética	Fst (ADN_{mt})	<0.002	0.002-0.3	>0.3
	Fst (ADN_n)	<0.002	0.002-0.06	>0.06
Diversidad genética	h	<0.3	0.3-0.8	>0.8
	π	<0.008	0.008-0.6	>0.6

La misma base de datos proporcionó la información genética para nuestras tres especies de interés: *P. glauca*, *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus* (Tabla 39).

Tabla 47. Valores de los atributos genéticos de susceptibilidad para nuestras especies de interés.

Especie	Fst ADN_{mt}	Fst ADN_n	h	π	Cita
<i>Prionace glauca</i>	0.006, 0.002	<0.008	0.81	0.18	Taguchi <i>et al.</i> (2015), King <i>et al.</i> (2015)
<i>Isurus oxyrinchus</i>	0.2748, 0.2526		0.82	0.0058	Taguchi <i>et al.</i> (2011)
<i>Alopias vulpinus</i>	0.759		0.782	0.0009	Trejo (2005)

Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS).

APS pesquero

Este primer análisis se llevó a cabo empleando los atributos de productividad biológica y susceptibilidad a la pesca sugeridos por Patrick *et al.* (2009). Los valores asignados a cada

atributo así como la calidad de los datos para cada especie se observan en las Tablas 40 y 41.

Tabla 48. Atributos de productividad biológica y ponderación para cada especie.

Atributo de productividad	Clasificación			Especie			Calidad de los datos
	Alto (3)	Moderado (2)	Bajo (1)	<i>P. glauca</i>	<i>A. vulpinus</i>	<i>I. oxyrinchus</i>	
Crecimiento de la población (r)	> 0.5	0.16 – 0.5	< 0.16	2	1	1	2
Edad máxima (<i>t_{max}</i>)	< 10 años	10 – 20 años	> 20 años	1	2	1	1
Longitud máxima (L _{max})	< 150 cm	150 – 250 cm	> 250 cm	1	1	1	1
Constante de crecimiento de von Bertalanffy (k)	> 0.3	0.05 – 0.3	< 0.05	1	2	2	2
Mortalidad natural estimada (M= 1.6*k)	> 0.3	0.1 – 0.3	< 0.1	2	2	1	1
Fecundidad	> 15 crías	4 – 15 crías	< 4 crías	3	1	2	2
Edad de madurez (E50%)	< 4 años	4 – 10 años	> 10 años	2	1	2	1
Nivel trófico	< 3.3	3.3 – 3.8	> 3.8	3	3	3	2
Longitud de madurez (L50%)	< 100 cm	100 – 150 cm	> 150 cm	1	1	1	1
Ciclo reproductivo	Bianual	Anual	Bienal	2	1	1	2

Tabla 49. Atributos de susceptibilidad a la pesca y ponderación para cada especie.

Atributo de susceptibilidad	Clasificación (C)			Especie			Calidad de los datos
	Bajo (1)	Moderado (2)	Alto (3)	<i>P. glauca</i>	<i>A. vulpinus</i>	<i>I. oxyrinchus</i>	
Estrategia de manejo	Especies con protección especial (captura prohibida)	Especies con vedas temporales.	Especies sin protección especial y sin vedas temporales.	2	2	2	1
Traslape horizontal (Disponibilidad)	< 25% de la población se encuentra en el área de pesca	Entre el 25% y 50% de la población se encuentra en el área de pesca	> 50% de la población se encuentra en el área de pesca	3	3	3	2
Concentración geográfica	La población se encuentra en > 50% de su distribución	La población se encuentra entre el 25% y el 50% de su distribución	La población se encuentra en < 25% de su distribución	1	1	1	2
Traslape vertical (Posibilidad de encuentro)	< 25% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	Entre el 25% y 50% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	> 50% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	3	3	3	2
Migraciones estacionales	Las migraciones estacionales disminuyen el traslape con la pesquería	Las migraciones estacionales no afectan el traslape con la pesquería	Las migraciones estacionales aumentan el traslape con la pesquería	2	2	2	1

(cont. Tabla 41)

Atributo de susceptibilidad	Clasificación (C)			Especie			Calidad de los datos
	Bajo (1)	Moderado (2)	Alto (3)	<i>P. glauca</i>	<i>A. vulpinus</i>	<i>I. oxyrinchus</i>	
Agregaciones y otras respuestas de comportamiento	El comportamiento disminuye la capturabilidad (efectividad de captura con el equipo de pesca)	El comportamiento no afecta la capturabilidad	El comportamiento aumenta la capturabilidad	2	2	2	1
La morfología afecta la captura	La especie muestra selectividad baja al equipo de pesca	La especie muestra selectividad moderada al equipo de pesca	La especie muestra selectividad alta al equipo de pesca	3	3	3	1
Sobrevivencia post-captura o descarte o liberación	Probabilidad de sobrevivencia > 67%	Probabilidad de sobrevivencia entre 33% y 67%	Probabilidad de sobrevivencia < 33%	3	3	3	2
Estacionalidad de la pesquería	< 4 meses	4 - 8 meses	> 8 meses	3	3	3	1
Objetivo de la pesquería	La especie es parte de la captura incidental (con valor bajo o nulo)	La especie es parte de la captura incidental (con valor medio a alto)	La especie es el objetivo de la pesquería	3	3	3	1
Selectividad del equipo (CPUE) *CPUE por tipo de pesquería	< 3	3 - 10	> 10	3	3	3	1
Valor de la pesquería	El stock no es altamente valorado por la pesquería	El stock es moderadamente valorado por la pesquería	El stock es altamente valorado por la pesquería	2	3	3	2

Una vez realizado el APS obtuvimos los valores de productividad, susceptibilidad y vulnerabilidad (riesgo ecológico) para cada especie, los cuales se observan en la Tabla 42.

Tabla 50. Resultados del Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS).

ID	Especie	Valor de productividad biológica	Valor de susceptibilidad	Valor de vulnerabilidad
1	<i>P. glauca</i>	1.8	2.5	1.92
2	<i>I. oxyrinchus</i>	1.5	2.58	2.18
3	<i>A. vulpinus</i>	1.5	2.58	2.18

En la Figura 26 se observa la gráfica de riesgo ecológico, que ubica cerca del foco de la misma a la especie con menor grado de vulnerabilidad y más alejado de éste a la especie cuyo valor de vulnerabilidad sea más alto y, por lo tanto se encuentre en mayor riesgo ecológico. El color de los indicadores de cada especie denota la calidad de los datos que fueron evaluados en el APS. Se observan sólo dos indicadores debido a que *A. vulpinus* y *I. oxyrinchus* tienen el mismo valor de vulnerabilidad, y por lo tanto, los indicadores se encuentran uno sobre otro.

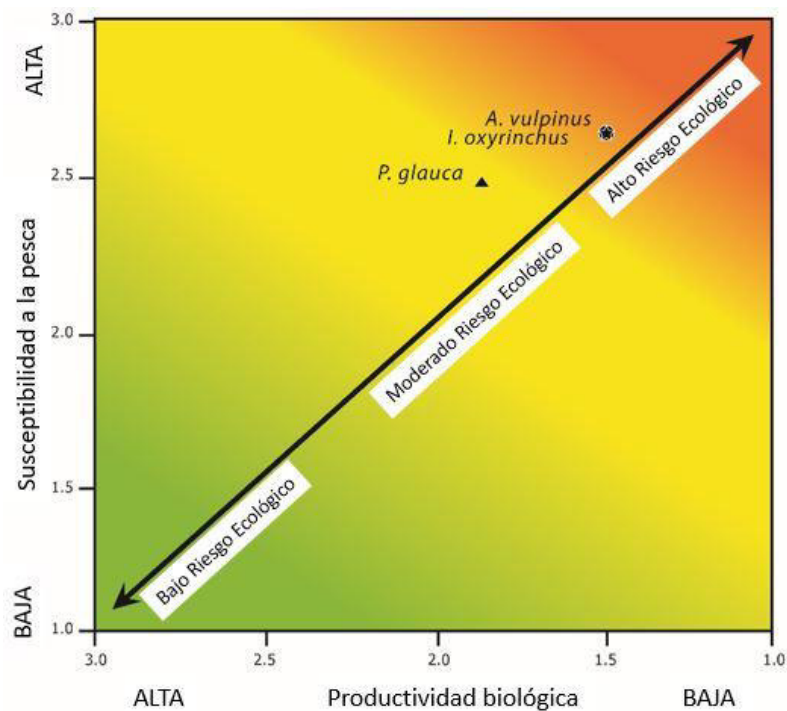


Figura 26. Gráfica de Riesgo Ecológico de tres especies de tiburón de importancia pesquera: *P. glauca* (1), *I. oxyrinchus* (2), *A. vulpinus* (3)

APS con atributos genéticos

En el segundo análisis se tomaron los mismos atributos, valores y ponderaciones de productividad biológica que en el APS pesquero (Tabla 40). Los atributos de susceptibilidad a la pesca complementados con los atributos genéticos se observan en la Tabla 44.

Una vez realizado el APS obtuvimos los valores de productividad, susceptibilidad y vulnerabilidad (riesgo ecológico) para cada especie, los cuales se observan en la Tabla 43. La inclusión de los atributos genéticos de susceptibilidad genera una disminución en los valores de susceptibilidad en comparación con el APS que no los incluye. Por consiguiente, los valores de vulnerabilidad de las tres especies analizadas también disminuyeron.

Tabla 51. Resultados del Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS) con la inclusión de atributos genéticos.

ID	Especie	Valor de productividad biológica	Valor de susceptibilidad	Valor de vulnerabilidad
1	<i>P. glauca</i>	1.8	2.18	1.68
2	<i>I. oxyrinchus</i>	1.5	2.18	1.91
3	<i>A. vulpinus</i>	1.5	2.27	1.97

En la Figura 27 se observa la gráfica de riesgo ecológico, cuyos resultados incluyen los atributos genéticos de susceptibilidad para cada especie.

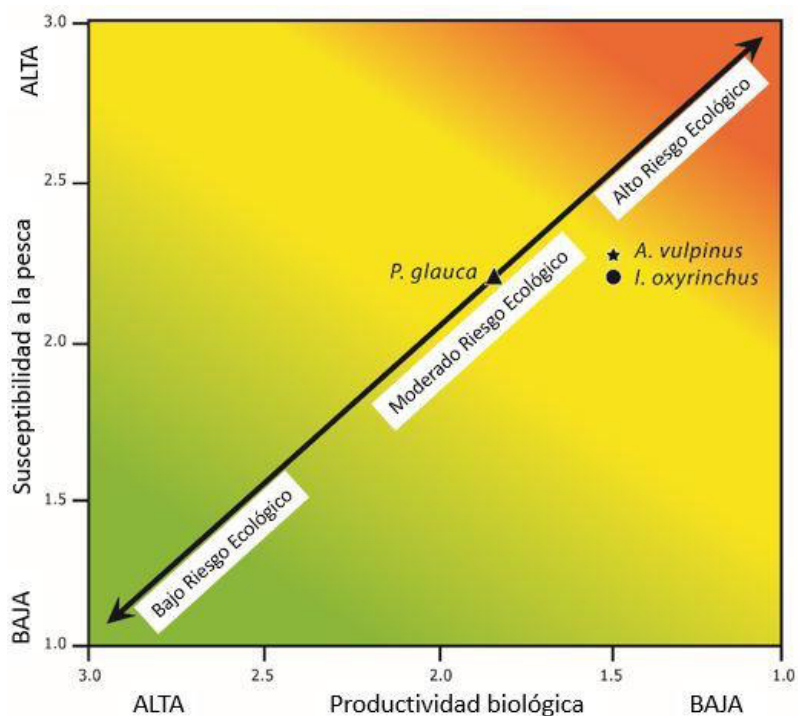


Figura 27. Gráfica de Riesgo Ecológico de tres especies de tiburón de importancia pesquera (*P. glauca* (1), *I. oxyrinchus* (2), *A. vulpinus* (3)), con la inclusión de atributos genéticos de susceptibilidad

Tabla 52. Atributos de susceptibilidad genética y pesquera con su ponderación para cada especie.

Atributo de susceptibilidad	Clasificación (C)			Especie			Calidad de los datos
	Bajo (1)	Moderado (2)	Alto (3)	<i>P. glauca</i>	<i>A. vulpinus</i>	<i>I. oxyrinchus</i>	
Estrategia de manejo	Especies con protección especial (captura prohibida)	Especies con vedas temporales.	Especies sin protección especial y sin vedas temporales.	2	2	2	1
Traslape horizontal (Disponibilidad)	< 25% de la población se encuentra en el área de pesca	Entre el 25% y 50% de la población se encuentra en el área de pesca	> 50% de la población se encuentra en el área de pesca	3	3	3	2
Concentración geográfica	La población se encuentra en > 50% de su distribución	La población se encuentra entre el 25% y el 50% de su distribución	La población se encuentra en < 25% de su distribución	1	1	1	2
Traslape vertical (Posibilidad de encuentro)	< 25% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	Entre el 25% y 50% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	> 50% de la población se encuentra en la profundidad en la que opera el equipo de pesca	3	3	3	2
Migraciones estacionales	Las migraciones estacionales disminuyen el traslape con la pesquería	Las migraciones estacionales no afectan el traslape con la pesquería	Las migraciones estacionales aumentan el traslape con la pesquería	2	2	2	1

(cont. Tabla 44)

Atributo de susceptibilidad	Clasificación (C)			Especie			Calidad de los datos
	Bajo (1)	Moderado (2)	Alto (3)	<i>P. glauca</i>	<i>A. vulpinus</i>	<i>I. oxyrinchus</i>	
Agregaciones y otras respuestas de comportamiento	El comportamiento disminuye la capturabilidad (efectividad de captura con el equipo de pesca)	El comportamiento no afecta la capturabilidad	El comportamiento aumenta la capturabilidad	2	2	2	1
La morfología afecta la captura	La especie muestra selectividad baja al equipo de pesca	La especie muestra selectividad moderada al equipo de pesca	La especie muestra selectividad alta al equipo de pesca	3	3	3	1
Selectividad del equipo (CPUE) *CPUE por tipo de pesquería	< 3	3 - 10	> 10	3	3	3	1
Estructura genética (Fst) con base en ADN mitocondrial	>0.3	0.3-0.002	<0.002	2	1	2	2
Estructura genética (Fst) con base en ADN nuclear	>0.06	0.06-0.002	<0.002	2	-----	-----	2
Diversidad haplotípica (h)	>0.8	0.8-0.3	<0.3	1	2	1	2
Porcentaje de diversidad nucleotídica (pi)	>0.6	0.6-0.008	<0.008	2	3	2	2

Discusión

La aprobación del Plan de Acción Internacional para la Conservación y Manejo de los Tiburones (IPOA-Sharks) por parte de la FAO en 1998 derivó en nuestro país en la publicación de una Norma Oficial Mexicana que reglamentara la extracción y aprovechamiento de elasmobranquios (NOM-029-PESC-2006), así como en un Acuerdo de Veda tanto en el litoral del Pacífico como en el Golfo de México (DOF 2012). A pesar de que esta NOM prioriza la generación de información de calidad para sustentar los trabajos de investigación científica relativa a la evaluación de poblaciones de tiburón, hay mucha información de índole genético y molecular que no ha sido considerada ni integrada a los esquemas de manejo, programas de conservación y ordenamiento pesquero de los tiburones. Esto es importante debido a que actividades antropogénicas como la pesca, llevadas al extremo o mal administradas, pueden derivar en la disminución de la variabilidad genética e incluso pérdida de poblaciones genéticamente únicas (Hutchings y Reynolds 2004). La comprensión de la estructura genética poblacional de tiburones pelágicos, así como la biología de la conservación y filogeografía son herramientas cruciales para su manejo y generación de políticas de conservación (Heist 2008, Domínguez-Domínguez y Vázquez-Domínguez 2009).

A la fecha, la única disposición dentro del ordenamiento jurídico nacional relativo a la conservación o aprovechamiento de recursos marinos que considera, integra y pondera características genéticas de los organismos dentro de sus estatutos es la NOM-059-SEMARNAT-2010. Resulta de vital importancia haber encontrado un antecedente normativo en la legislación mexicana que convergiera con lo indicado por expertos en ecología molecular y biología de la conservación en lo que respecta a las variables genéticas que son indicadores de la salud y variabilidad en las poblaciones (Shaklee y Bentzen 1998, Pardini et. al 2001, Keeney et al. 2005, Taguchi et. al. 2011, Trejo 2005, Eitner 1997, Cardeñosa 2014, King et. al. 2015, Li et. al 2016, Ovenden et. al. 2009, Veríssimo et. al. 2017). La sustitución de atributos pesqueros de los cuales se tiene poca información o información de baja calidad, por atributos genéticos obtenidos de literatura y/o generados por el mismo investigador, permite elevar la calidad del Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS); ya que el objetivo de la Evaluación de Riesgo Ecológico por Efectos de la Pesca (ERAEP, por sus siglas en inglés) es evaluar de manera

rápida la vulnerabilidad relativa de una población a dicha actividad en casos de insuficiencia de información pesquera o biológica, utilizando la mejor información disponible (FAO 1996).

Los atributos de productividad biológica y de susceptibilidad a la pesca que fueron obtenidos de las bases de datos proporcionadas por FIDEMAR coinciden con lo reportado previamente para cada una de nuestras tres especies de estudio en el Pacífico Mexicano. De la misma manera, los bajos niveles de variabilidad nucleotídica, haplotípica y Fst son característicos de organismos pelágicos y migratorios, según lo reportado por Moritz (1994), Heist (2008) y Schrey y Heist (2003).

Al observar los valores de productividad biológica de *P. glauca*, *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus*, notamos que la especie que tiene un valor más alto es *P. glauca* lo cual es coherente con características reproductivas como su corto período de gestación (9-12 meses) y camadas grandes (alrededor de 30 crías) (Suda 1953, Gubanov y Grigor'yev 1975, Pratt 1979, Stevens 1984, Stevens y McLoughlin 1991, Nakano 1994, Castro y Mejuto 1995, Snelson et al. 2008); esto hace a la especie altamente resiliente a la presión pesquera. Por otro lado, *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus* presentan el mismo valor de productividad biológica. Ambas especies se reproducen una vez cada dos o tres años, presentan adelfofagia u oofagia durante su gestación y sus camadas son de medianas a pequeñas (Snelson et al. 2008, Mollet et al. 2000, 2002; Stevens 2008, Gubanov 1978, Cailliet et al. 1983, Bedford 1992, Castro 2009, Baremore y Hale 2012, Natanson y Gervelis 2013). Éstas características hacen que las poblaciones de estas dos especies sean más susceptibles de verse disminuidas por efecto de la pesca. Puesto que la pesquería de mediana altura de tiburón en el Pacífico Mexicano no está dirigida hacia alguna especie en particular, los atributos de susceptibilidad a la pesca son casi iguales para nuestras tres especies de interés. Los valores de riesgo ecológico que resultan del APS pesquero indican que la especie que se encuentra en menor riesgo es *P. glauca*; mientras que *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus* coinciden con un valor de vulnerabilidad de 2.18. Por lo tanto, si tuviésemos que tomar una decisión de ordenamiento o conservación con base en éste APS, no podríamos priorizar entre estas dos especies, ya que tanto sus características biológicas como la presión pesquera a la que están sometidas son muy similares.

Al eliminar atributos pesqueros de los cuales no se tienen datos completos o fidedignos y sustituirlos por atributos genéticos con mayor calidad de información, la ponderación de los atributos se ve afectada, derivando (en nuestro caso) en la disminución de los valores de vulnerabilidad de las tres especies de estudio. El APS genético-pesquero indica que la especie que se encuentra en menor riesgo ecológico es *P. glauca*, con un valor de vulnerabilidad de 1.68. Estudios recientes hablan sobre una posible panmixia en esta especie, ya que a la fecha no se ha encontrado diferencia genética poblacional significativa en el Océano Pacífico, en el Atlántico ni en el Indo-Australiano (Ovenden et al. 2009, King et al. 2015; Li et al. 2016, Veríssimo et al. 2017). Por lo tanto, este valor de vulnerabilidad concuerda con lo que actualmente se conoce sobre *P. glauca* tanto en su biología como en su estructura genética. A diferencia del primer análisis, en el APS genético-pesquero observamos que *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus* poseen distintos valores de susceptibilidad, proporcionándoles a la vez, diferente nivel de riesgo ecológico. Puesto que *A. vulpinus* presenta menor diversidad haplotípica y nucleotídica (Eitner 1999, Trejo 2005) que *I. oxyrinchus* (Taguchi et al. 2011), es ésta especie la que presenta mayor valor de susceptibilidad a la pérdida genética por efecto de la pesca (2.27 y 2.18 respectivamente). De esta manera, los atributos de susceptibilidad genético-pesqueros aunados a los atributos de productividad biológica, proporcionan a *A. vulpinus* un valor de vulnerabilidad de 1.97 y a *I. oxyrinchus* un valor de 1.91, permitiendo discernir entre las tres especies de estudio cuál se encuentra en mayor riesgo ecológico.

Conclusiones

- De las tres especies de tiburón de importancia pesquera en el Pacífico Mexicano que fueron incluidas en este estudio, la que se encuentra en mayor Riesgo Ecológico por Efecto de la Pesca, considerando atributos de productividad biológica, susceptibilidad genética y susceptibilidad pesquera es *Alopias vulpinus*, seguida de *Isurus oxyrinchus* y finalmente *Prionace glauca*.
- La integración de tres atributos genéticos de susceptibilidad en el Análisis de Productividad y Susceptibilidad permitió discernir entre dos especies de tiburón de importancia pesquera en el Pacífico Mexicano (*I. oxyrinchus* y *A. vulpinus*) cuál de ellas se encuentra en mayor Riesgo Ecológico por Efecto de la Pesca.
- La diversidad haplotípica, nucleotídica y estructura genética (F_{st}) son indicadores de la variabilidad genética entre poblaciones y especies que, además, cuentan con antecedente en la normatividad mexicana, lo cual facilitará su integración en los ordenamientos de pesca y esquemas de manejo.
- La aplicación del Análisis de Productividad y Susceptibilidad con la integración de atributos genéticos es una forma práctica en la que se puede hacer uso de la información generada en estudios de genética poblacional, biología de la conservación, ecología molecular y filogeografía para la toma de decisiones dentro de ordenamientos pesqueros, reglamentaciones y normas para el aprovechamiento sustentable y/o conservación del recurso tiburón.

BIBLIOGRAFÍA

- ADW, 2012. Animal Diversity Web, University of Michigan, Museum of Zoology. Disponible en <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/> [Accesado el 20 de Octubre, 2012]
- Apel, A. 2012. Productivity and Susceptibility Analysis (PSA): How-To Guide. Environmental Defense Fund. [Online] Disponible en: <https://www.edf.org/search/content?keys=PSA>
- Applegate SP, Espinoza L, Menchaca L y Sotelo F. 1979. Tiburones Mexicanos. Mexico: Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. 146 pp.
- Applegate SP, Soltelo-Macias F, Espinosa-Arrubarrena L. 1993. An overview of Mexican shark fisheries, with suggestions for shark conservation in Mexico. In: Conservation biology of sharks, Branstetter, S. (Ed.),. NOAA Tech. Rep. NMFS. 115. Pp 31–37
- Arenas M, Ray N, Currat M, Excoffier L. 2012. Consequences of range contractions and range shifts on molecular diversity. *Molecular Biology and Evolution*. 29: 207–218
- Baremore IE, Hale LF. 2012. Reproduction of the Sandbar Shark in the Western North Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. *Marine and Coastal Fisheries* 4 (1): 560-572
- Barkley RA. 1969. Oceanographic Atlas of the Pacific Ocean. University of Hawaii Press, Honolulu. 156 pp.
- Bedford D. 1992. Thresher shark. In: California's Living Marine Resources and their Utilization, Leet WS, Dewees CM, Haugen CW (eds). California Sea Grant Publication UCSGEP-92-12 p. 49-51
- Benavides M, Horn RL, Feldheim KA, Shivji MS, Shelley C, Wintner S, Natanson LS, Braccini M, Boomer JJ, Gulak S, Chapman D. 2011. Global phylogeography of the dusky shark *Carcharhinus obscurus*: Implications for fisheries management and monitoring the shark fin trade. *Endangered Species Research* 14 (1): 13-22
- Bernard AM, Feldheim KA, Shivji MS. 2015. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite markers from a globally distributed marine apex predator, the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*). *Conservation Genetics Resources* 7: 509-511

Bishop SDH, Francis MP, Duffy C, Montgomey JC. 2006. Age, growth, maturity, longevity and natural mortality of the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*) in New Zealand waters. *Marine and Freshwater Resources*. 57, 143-154.

Bizarro J, Smith W, Márquez-Farías JF, Tyminski J, Heuter R. 2009. Temporal variation in the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, Mexico. *Fisheries Resources* 97: 103-117

Bizarro J, Smith W, Hueter R, Tyminski J, Márquez-Farías JF, Castillo-Géniz JL, Cailliet GM, Villavicencio-Garayzar CJ. 2007. The status of shark and ray fishery resources in the Gulf of California: Applied research to improve management and conservation. Report to the David and Lucille Packard Foundation. 237 p.

Bonfil R, Mena R, De Anda. 1993. Biological Parameters of Commercially Exploited Silky Sharks, *Carcharhinus falciformis* from Campeche Bank, Mexico. In: Conservation Biology of Elasmobranchs. Branstetter S (eds). NOAA Technical report NMFS 115: 73-86.

Bonfil R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fisheries technical paper 341 Rome, 119pp.

Bonfil R. 1997. Estado del conocimiento de los tiburones en el Golfo de México y Caribe. In: Análisis y Diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Flores-Hernández D, Sanchez-Gil P, Farreguin-Sanchez S (eds.) Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX, Serie científica 7:496, 333-356

Bonfil, R. 1997. Status of shark resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fisheries Resources* 29 (2): 101–117

Bonfil R, Mena R, De Anda D. 1993. Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, Mexico. In: Conservation Biology of Elasmobranchs. (Branstetter, S., Ed), p. 115: 73–86. NOAA Technical Report NMFS

Cailliet GM, Martin LK, Harvey JT, Kusher D, Welden BA. 1983. Preliminary studies on the age and growth of the blue, *Prionace glauca*, common thresher, *Alopias vulpinus*, and shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, sharks from California waters. In: Proceedings of the

International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. Prince ED, Pulos LM (eds.). NOAA Technical Report 8:179-188.

Camargo SM, Coelho R, Chapman D, Howey-Jordán L, Brooks EJ, Fernández D, Mendez NJ, Hazin FHV, Oliveira C, Santos MN, Foresti F, Mendoca FF. 2016. Structure and Genetic Variability of the Oceanic Whitetip Shark, *Carcharhinus longimanus*, Determined Using Mitochondrial DNA. PLoS ONE, 11 (5)

Campana SE. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. J. of Fish Biol. 59, 197–242.

Cardeñosa D, Hyde J, Caballero S. 2014. Genetic Diversity and Population Structure of the Pelagic Thresher Shark (*Alopias pelagicus*) in the Pacific Ocean: Evidence for Two Evolutionarily Significant Units. PLoS ONE, 9 (10)

Cartamil D, Wraith, J, Wegner NC, Kacev D, Lam CH, Santana-Morales O, Sosa-Nishizaki O, Escobedo-Olvera M, Kohin S, Graham JB, Hastings P. 2016. Movements and distribution of juvenile common thresher sharks *Alopias vulpinus* in Pacific coast waters of the USA and Mexico. Mar. Ecol. Prog. Ser. 548, 153-163.

Casey JG, Kohler NE. 1992. Tagging studies on the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*) in the western North Atlantic. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 43, 45-60.

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

Castillo-Geniz JL, Godinez-Padilla CJ, Ajás-Terriquer HA, González-Ania LV. 2014. Catch data for shortfin mako shark reported by fishery observers from Mexican shark longline and driftnet fisheries in the North Pacific in 2006-2014. ISC Shark Working Group Workshop pp. 26

Castillo-Géniz JL, Márquez-Farías JF, Rodríguez de la Cruz MC, Cortés E, Del Prado AC. 1998. The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. Mar. Freshw. Res. 49 (7): 611–620

Castro JA, Mejuto J. 1995. Reproductive Parameters of Blue Shark, *Prionace glauca*, and other Sharks in the Gulf of Guinea. *Mar. Freshw. Res.* 46 (6): 967–973

Castro JI. 2009. Observations on the reproductive cycles of some viviparous North American sharks. *Aqua, International Journal of Ichthyology*, 15 (4): 205–222

Castro-Aguirre JL. 1967. Contribución al estudio de los tiburones de México. Tesis de Biología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. México

Cerna F, Licandeo R. 2009. Age and growth of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the south-eastern Pacific off Chile. *Mar. Freshw. Res.* 60, 394–403

CITES. 2011. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Disponible en: <http://www.cites.org/> [Accesado el 24/10/12]

Compagno LJV. 1984. Sharks of the world. FAO Fish. Synop. 125 part 1 and 2; 665pp.

Compagno LJV. 2001. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2: Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). FAO Species Catalogue for Fisheries Purposes No. 1, vol. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 269 pp.

CONAPESCA-INP. 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 80 p.

CONAPESCA-INP. 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 80 p.

CoP 17. 2016. 17th Conference of the Parties to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Johannesburg, South Africa. Available at: <https://www.cites.org> [Accessed October 14, 2019]

CoP 18. 2019. 18th Conference of the Parties to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Colombo, Sri Lanka. Available at: <https://www.cites.org> [Accessed October 14, 2019]

Cornuet JM, Luikuart G. 1997. Empirical evaluation of a test for identifying recently bottlenecked populations from allele frequency data *Conservation Biology* 12: 228-237

Corrigan S, Delser PM, Eddy C, Duffy C, Yang L, Li C, Bazinet al., Mona S, Naylor GJP. 2017. Historical introgression drives pervasive mitochondrial admixture between two species of pelagic sharks. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 110: 122–126

Cortés E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science* 56: 707-717.

Cortés E, Arocha F, Beerkircher L, Carvalho F, Domingo A, Heupel MR, Holtzhausen H, Santos MN, Ribera MM, Simpfendorfer CA. 2010. Ecological risk assessment of pelagic sharks caught in Atlantic pelagic longline fisheries. *Aquat. Living Resour.* 23(1):25-34

Cruz A, Soriano SR, Santana H, Ramírez CE, Valdez JJ. 2011. La pesquería de tiburones oceanicos-costeros en los litorales de Colima, Jalisco y Michoacan. *Rev. Biol. Trop.*, 59 (2): 655–667

Daly-Engel TS, Seraphin KD, Holland KN, Coffey JP, Nance HN, Toonen RJ, Bowen BW. 2012. Global phylogeography with mixed-marker analysis reveals male-mediated dispersal in the endangered scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*). *PLoS One* 7(1): e29986.

DOF, Diario Oficial de la Federación. 2007. Norma Oficial Mexicana NOM–029–PESC–2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, México), 14 de febrero de 2007. Primera sección, pp. 60–102. NOM-029-PESC-2006

Domínguez–Domínguez O, Vázquez–Domínguez E. 2009. Filogeografía: aplicaciones en taxonomía y conservación. *Animal Biodiversity and Conservation* 32:1 59-70pp.

Duncan KM, Martin AP, Bowen BW, De Couet HG. 2006. Global phylogeography of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*). *Mol. Ecol.* 15 (8):2239-2251

Ehrhardt N. 1981. Curso de evaluación de recursos y dinámicas de poblaciones. La Paz, B.C.S. Métodos de análisis de las estadísticas de capturas y Esfuerzo de pesca y su aplicación en modelos globales de pesquerías.

Eitner BJ. 1997. Allozymic evidence for population subdivision of the common thresher shark, *Alopias vulpinus*. Unpublished manuscript, originally submitted to Fishery Bulletin.

Eitner BJ. 1999. Assessment of the population structure of the common thresher shark (*Alopias vulpinus*) in the Pacific Ocean using partial mitochondrial DNA control region sequences. Contract progress report proposal No. 97SW01. National Marine Fisheries, Service; Southwest Fisheries Science Center.

Escovar-Fadul X, Caballero-Espinoza S, Besudo S. 2017. Population Structure and Genetic Diversity of the Blue Shark *Prionace glauca* in the Eastern Tropical Pacific: Evidence and Conservation Implications from Mitochondrial DNA and Microsatellite Analyses. Oceanogr. Fish. Open Access J. 2 (5): OFOAJ.MS.ID.555598

Excoffier L, Smouse PE y Quattro JM. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. Genetics 131: 479-491.

FAO, 2016. Software para la pesca y la acuicultura. FishStat Plus - Programa informático universal para series cronológicas de estadísticas pesqueras. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 28 November 2013. (Accesado el 15 de Marzo, 2017) <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/es>

Feldheim KA, Gruber SH y Ashley MV. 2001. Population genetic structure of the lemon shark (*Negaprion brevirostris*) in the western Atlantic: DNA microsatellite variation. Molecular Ecology 10, 295–303.

Feldheim KA, Gruber SH y Ashley MV. 2002. Breeding biology of lemon sharks at a tropical nursery lagoon. Proceedings of the Royal Society of London B 269, 1655–1662.

Felsenstein J. 1989. PHYLIP manual, version 3.2. University of California Herbarium, Berkeley, California

Filonov AE, Tereshchenko IE, Monzon CO, González-Ruelas ME, Godínez-Domínguez E. 2000. Season variability of the temperature and salinity fields in the coastal zone of the states of Jalisco and Colima Mexico. *Ciencias Marinas*, 26(2):303-321.

Food and Agriculture Organization (FAO). 1999. International plan of action for the conservation and management of sharks. FAO, Rome

Food and Agriculture Organization (FAO). 2011. Software para la pesca y la acuicultura. FishStat Plus - Programa informático universal para series cronológicas de estadísticas pesqueras. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [online]. Available at: <http://www.fao.org/fishery/>

Food and Agriculture Organization (FAO). 2016. Software para la pesca y la acuicultura. FishStatJ - programa informático para series cronológicas de estadísticas pesqueras. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [online]. Available at: <http://www.fao.org/fishery/>

French RP, Lyle J, Tracey S, Currie S, Semmens JM. 2015. High survivorship after catch-and-release fishing suggests physiological resilience in the endothermic shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*). *Conserv. Physiol.* 3, 1 doi:10.1093/conphys/cov044.

Furlong-Estrada E, Tovar-Ávila J, Rios-Jara E. 2014. Ecological risk assessment of artisanal capture methods on sharks fished at the entrance of the Gulf of California. *Hidrobiológica* 24 (2):83-97

Gaggiotti O, Excoffier L. 2000. A simple method of removing the effect of a bottleneck and unequal population sizes on pairwise genetic distances. *Proceedings of the Royal Society London B.*; 267:81–87.

Gayanilo FC Jr, Pauly D. 1997. FAO-ICLARAM Stock Assessment Tools (FISAT). Reference Manual. FAO Comp. Info. Ser (Fisheries) Rome, FAO 8:262pp.

Geraghty PT, Williamson JE, Macbeth WG, Wintner SP, Harry AV, Ovenden JR, Gillings MR. 2013. Population Expansion and Genetic Structure in *Carcharhinus brevipinna* in the Southern Indo-Pacific. *PLoS One*, 8(9): e75169

- Goldman KJ, Cailliet GM, Andrews AH, Natanson LJ. 2012. Assessing the age and growth of chondrichthyan fishes, in: Carrier JC, Musick, JA, Heithaus MR. (Eds) Biology of sharks and their relatives, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton, pp 423–452
- Goudet J. 1995. Fstat version 1.2: a computer program to calculate F-statistics. *Journal of Heredity*, 86 (6):485–486. URL. <http://www.unil.ch/popgen/software/fstat.htm>.
- Gubanov YeP. 1979. The reproduction of some species of pelagic sharks from the equatorial zone of the Indian Ocean. *J. Ichthyol.* 18: 781-792
- Gubanov YeP, Grigor'yev V. 1975. Observations on the distribution and biology of the blue shark *Prionace glauca* (Carcharhinidae) of the Indian Ocean. *J. Ichthyol.* 15: 37-43
- Heist EJ, Musick JA, Graves JE. 1996. Genetic population structure of the Shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) inferred from restriction fragment length polymorphisms analysis of mitochondrial DNA. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53:583-588.
- Heist EJ. 2008. Molecular Markers and Genetic Population Structure of Pelagic Sharks. In: Camhi MD, Pikitch EK, Babcock EA (eds). *Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation*. p. 323–333
- Hernández CEA. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis de Biología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México.
- Heupel M, Carlson J, Simpfendorfer C. 2007. Shark nursery areas: Concepts, definition, characterization and assumptions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 337, 287–297.
- Hobday AJ, Smith ADM, Stobutzki IC, Bulman C, Daley R, Dambacher JM, Deng RA, Dowdney J, Fuller M, Furlani D, Griffiths SP, Johnson D, Kenyon R, Knuckey IA, Ling SD, Pitcher R, Sainsbury KJ, Sporcic M, Smith T, Turnbull C, Walker TI, Wayte SE, Webb H, Williams A, Wise BS, Zhou S. 2011. Ecological risk assessment for the effects of fishing. *Fish. Res.* 108(2-3):372-384
- Huelsenbeck JP, Ronquist F. 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics*, 17: 754-755.

Hutching JA, Reynolds JD. 2004. Marine Fish Population Collapses: Consequences for Recovery and Extinction Risk. *BioScience*, 54 (4): 297-309

INAPESCA. 2000. Instituto Nacional de la Pesca. Carta Nacional Pesquera.

INEGI. 2002. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Dirección General de Geografía. No. 61

INP. 2016. El aprovechamiento de Tiburón en México. Instituto Nacional de Pesca [Online]. Disponible en: <https://www.gob.mx/inapesca/articulos/el-tiburon>

International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean (ISC). 2014. Stock assessment and future projections of blue shark in the North Pacific Ocean. Report of the shark working group, Annex 13. ISC14/Annex13. P.194

International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean (ISC). 2018. Stock Assessment of Shortfin Mako Shark in the North Pacific Ocean through 2016. Report of the shark working group, Annex 15. ISC/18/ANNEX/15. P. 118

IUCN. 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. Available at: <http://www.iucnredlist.org>. [Accessed October 10, 2019]

Kai M, Shiozaki K, Ohshimo S, Yokawa K. 2015. Growth and spatiotemporal distribution of juvenile shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the western and central North pacific. *Mar. and Freshw. Res.*

Kato S, Carballo AH. 1967. Shark tag in the Eastern Pacific ocean, 1962-1965. In: Gilbert PW, Mathewson RF, Rall DP. *Sharks, Skates and Rays*. John Hopkins Press, Baltimore: P. 93- 109.

Kato S, Springer S, Wagner MH. 1967. Field guide to eastern and Hawaiian sharks. *Circ. U.S. Fish. Wild. Serv.* 271: 1-47

Keeney DB, Heupel MR, Hueter RE, Heist EJ. 2005. The genetic structure of blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*) nurseries in the Western Atlantic, Gulf of Mexico and Caribbean Sea inferred from control region and microsatellites. *Molecular Ecology*, 14, 1911-1923.

- Keeney DB, Heist EJ. 2006. Worldwide phylogeography of the blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*) inferred from mitochondrial DNA reveals isolation of western Atlantic populations coupled with recent Pacific dispersal. *Mol. Ecol.*, 15 (12): 3669–3679
- Keeney DB, Heupel MR, Hueter RE, Heist EJ. 2003. Genetic heterogeneity among blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, continental nurseries along the U.S. Atlantic and Gulf of Mexico. *Mar. Biol.*, 143 (6): 1039–1046
- Keeney DB, Heupel MR, Hueter RE, Heist EJ. 2005. Microsatellite and mitochondrial DNA analyses of the genetic structure of blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*) nurseries in the northwestern Atlantic. *Mol. Ecol.*, 14 (7): 1911–1923
- King JR, Wetklo M, Supernault J, Taguchi M, Yokawa K, Sosa-Nishizaki O, Withler RE. 2015. Genetic analysis of stock structure of blue shark (*Prionace glauca*) in the north Pacific ocean. *Fisheries Research*, 172, 181–189
- Li W, Dai X, Zhu J, Tian S, He S, Wu F. 2016. Genetic differentiation in blue shark, *Prionace glauca*, from the central Pacific Ocean, as inferred by mitochondrial cytochrome b region, *Mitochondrial DNA A DNA Mapp Seq Anal*, 28(4):575-578.
- Lyons K, Carlisle A, Preti A, Mull C, Blasius M, O'Sullivan J, Winkler C, Lowe CG. 2013. Effects of trophic ecology and habitat use on maternal transfer of contaminants in four species of young of the year lamniform sharks. *Mar. Environ. Res.*, 90, 27-38 ISSN 0141-1136
- Manni F, Guérard E, Heyer E. 2004. Geographic patterns of (genetic, morphologic, linguistic) variation: how barriers can be detected by “Monmonier’s algorithm”. *Human Biology*, 76(2): 173-190.
- Márquez-Farías JF. 2002. Análisis de la pesquería de tiburón en México. Tesis de Maestría en Ciencias Pecuarias, Universidad de Colima, México
- Márquez-Farías JF. 2002. The artisanal ray fishery in the Gulf of California: Development, fisheries research, and management issues. IUCN Shark Specialist Group. *Shark News* 14: 1–5.

- Medina-Bautista J. 2014. Estructura espacial de la captura de la pesquería de mediana altura de tiburón en el Pacífico Mexicano. MSc. Diss. 157p. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, BCS, Mx.
- Mejuto J, Ortiz M, García-Cortés B, Ortiz de Urbina J, Ramos-Cardelle A. 2010. Historical data and standardized catch rates of porbeagle (*Lamna nasus*) caught as by-catch of the Spanish surface longline fishery targeting swordfish (*Xiphias gladius*) in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(6), 2006-2030
- Mendizábal y Oriza D, Vélez-Marín R, Soriano-Velásquez S, González-Ania LV. 2001. Tiburones oceánicos del Pacífico mexicano. En: Cisneros Mata MA, Díaz de León AJ (eds.), Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, 1999-2000. Instituto Nacional de la Pesca-SAGARPA.
- Minch E, Ruiz-Linares A, Goldstein DB, Feldman M, Cavalli-Sforza L. 1995. Microsat (version 1.5d): a program for calculating statistics on microsatellite allele data. <http://lotka.stanford.edu/microsat/microsat.html>.
- Mollet HF, Testi AD, Compagno LJV, Francis MP. 2002. Re-identification of a lamnid shark embryo. Fish. Bull., 100 (4): 865–875
- Mollet HF, Cliff G, Pratt Jr HL, Stevens JD. 2000. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. Fish. Bull. 98(2), 299-318.
- Mollet HF, Cliff G, Pratt HL, Stevens JD. 2000. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. Fish. Bull., 98 (2): 299–318
- Moreau J. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes: Recent trends and further developments. Pp 81-113. In: Age and growth of Fish. Summerfelt RC y Gordon EH (eds). The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Moritz C. 1994. Defining “Evolutionary Significant Units” for conservation. TREE, 9 (10): 373-375

- Nakano H. 1994. Age, reproduction and migration of blue shark in the North Pacific Ocean. *Bull Nat Res Inst FarSeas Fish* 31:141–256
- Natanson LJ, Gervelis BJ. 2013. Age and growth of the Common Thresher Shark in the western North Atlantic Ocean. *Trans. Am. Fish. Soc.* 142:1535–1545
- NOAA Fisheries Toolbox. 2008. Productivity and Susceptibility Analysis (PSA), Version 1.4. Available at: <http://nft.nefsc.noaa.gov>
- NOM-029-PESC-2006. 2006. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca Responsable de Tiburones y Rayas, Especificaciones para su Aprovechamiento.
- O’Leary SJ, Feldheim KA, Fields AT, Natanson LJ, Wintner S, Hussey N, Shivji MS, Chapman DD. 2015. Genetic Diversity of White Sharks, *Carcharodon carcharias*, in the Northwest Atlantic and Southern Africa. *J. Hered.* 106 (3): 258-265
- Oñate-González EC, Rocha-Olivares A, Saavedra-Sotelo NC, Sosa-Nishizaki, O. 2015. Mitochondrial genetic structure and matrilineal origin of white sharks, *Carcharodon carcharias*, in the Northeastern Pacific: implication for their conservation. *J. Hered.*,106 (4): 347-354.
- Ovenden JR, Morgan JAT, Street R, Tobin A, Simpfendorfer CA, Macbeth W, Welch D. 2011. Negligible evidence for regional genetic population structure for two shark species *Rhizoprionodon acutus* (Rüppell, 1837) and *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) with contrasting biology. *Mar. Biol.*, 158 (7): 1497–1509
- Ovenden JR, Kashiwagi T, Broderick D, Giles J, Salini J. 2009. The extent of population genetic subdivision differs among four co-distributed shark species in the Indo-Australian archipelago. *BMC Evolutionary Biology*, 9: 40
- Pardini AT, Jones CS, Noble L, Kreiser B, Malcolm H, Bruce BD, Stevens JD, Cliff G, Scholl M, Francis M, Duffy CAJ, Martin AP. 2001. Sex-biased dispersal of great white sharks - In some respects, these sharks behave more like whales and dolphins than other fish. *Nature* 412(6843):139-140
- Patrick WS, Spencer P, Ormseth O, Cope J, Field J, Kobayashi D, Gedamke T, Cortés E, Bigelow K, Overholtz W, Link J, Lawson P. 2009. Use of productivity and susceptibility

indices to determine stock vulnerability, with example applications to six U.S. fisheries. U.S. Dep. Commerce, NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-101

Pauly D, David N. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforsch.* 28: 205-211.

Portnoy DS, McDowell JR, Heist EJ, Musick JA, Graves JE. 2010. World phylogeography and male-mediated gene flow in the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*. *Mol. Ecol.*, 19 (10): 1994–2010

Prager MH, Saila SB, Recksiek CW. 1994. FISPARM: A Microcomputer program for Parameter Estimation of Nonlinear Models in Fishery Science. Old Dominion University Oceanography, Technical Report 87-10.

Pratt HL Jr, Casey JG. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. In: Elasmobranchs as living resources. Pratt HL Jr, Gruber SH, Taniuchi T (eds) NOAA Tech Rep MFS 90: 97–110

Pratt Jr HL, Casey JG. 1983. Age and Growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, using four methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40, 1944-1957.

Pratt HL. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. *Fish. Bull.*, 77 (2): 445–470

Pratt HL, Casey JG. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. In: Pratt HL, Gruber SH, Taniuchi T (eds) Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries: NOAA Technical Report NMFS, 90: 97–111

Ramírez JT. 2006. Corrientes Oceánicas. *Revista de Investigación en Ciencias y Matemáticas 360°*. 2ª Edición.

Ramírez-Amaro S, Ramírez-Macías D, Vázquez-Juárez R, Flores-Ramírez S, Galván-Magaña F, Gutiérrez JN. 2017. Population structure of the Pacific angel shark (*Squatina*

californica) along the northwestern coast of Mexico based on the mitochondrial DNA control region. *Ciencias Marinas*, 43(1): 69–80

Ribot-Carballal MC, Galvan-Magana F, Quiñonez-Velazquez C. 2005. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, from the western coast of Baja California Sur, Mexico. *Fish. Res.* 76, 14–21.

Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull.Fish.Res.Board Can.*, 191:382 pp.

Ronquist F, Huelsenbeck JP. 2003. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 19 (12): 1572-1574.

Royce FW. 1972. *Introduction to the Fishery Sciences.*, Academic Press, Inc., Library of Congress Catalog Card Number: 79-180795., 351 pp.

Sampaio IR. 2013. Genetic Diversity and Population Structure of the Cosmopolitan Blue Shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) in the Atlantic Ocean. MSc.Diss. p.62 Universidade do porto, Portugal.

Sanderson MJ. 2003. r8s: inferring absolute rates of molecular evolution and divergence times in the absence of a molecular clock. *Bioinformatics.* 19(2):301-2.

Schrey AW, Heist EJ. 2003. Microsatellite analysis of population structure in the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 60 (6): 670–675

Schultz JK, Feldheim KA, Gruber SH, Ashley MV, McGovern TM, Bowen BW. 2008. Global phylogeography and seascape genetics of the lemon sharks (genus *Negaprion*). *Mol. Ecol.*, 17 (24): 5336–5348

SEMARNAP. 1996. Anuarios Estadísticos de Pesca 1995-1996. Semarnap, México.

Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF)

Semba Y, Aoki I, Yokawa K. 2011. Size at maturity and reproductive traits of shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, in the western and central North Pacific. *Mar. and Freshw. Res.* 62, 20–29.

Shaklee JB, Bentzen P. 1998. Genetic identification of stocks of marine fish and shellfish. *Bulletin of Marine Science* 62:589-621.

Shaklee JB, Bentzen P. 1998. Genetic identification of stocks of marine fish and shellfish. *Bull. Mar. Sci.*, 62:589-621

Shark foundation. 2006. Disponible en www.shark.ch/Database/PhylogeneticTree/index.html [Accesado el 23 de Octubre de 2012]

Sigsgaard EE, Nielsen IB, Bach SS, Lorenzen ED, Robinson D, Steen W, Knudsen SW, Pedersen MW, Jaidah MA, Orlando L, Willerslev E, Moller PR, Thomsen PF. 2016. Population characteristics of a large whale shark aggregation inferred from seawater environmental DNA. *Nat. Ecol. Evol.* 1(1):4

Snelson FF, Roman BL, Burgess GH. 2008. The Reproductive Biology of Pelagic Elasmobranchs. In: Camhi MD, Pikitch EK, Babcock EA (eds). *Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation*. P. 24–53 Blackwell Publishing, Oxford, U.K.

Sokal RR, Rohlf FJ. 1981. *Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Blume, Madrid. 829 p.

Soule G. 1970. *The Greatest Depths: Probing the Seas to 20,000 feet (6,100 m) and Below*. Philadelphia: Macrae Smith. ISBN 0-8255-8350-0.

Spaet JLY, Jabado RW, Henderson AC, Moore ABM, Berumen ML 2015. Population genetics of four heavily exploited shark species around the Arabian Peninsula. *Ecol. Evol.*, 5 (12): 2317–2332

Sparre PE, Ursin E, Venema SC. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual FAO, Fisheries Technical Paper, 306/1: 1-337

Stevens JD, McLoughlin KJ. 1991. Distribution, size and sex composition, reproductive biology and diet of sharks from Northern Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 40: 129-140

Stevens J D. 2008. The biology and ecology of the shortfin mako shark, *Isurus oxyrinchus*, in: Camhi MD, Pikitch EK, Babcock EA (Eds), *Sharks of the Open Ocean – Biology, fisheries and conservation*. Blackwell Publishing Oxford UK. pp 87–94.

Stevens JD. 1984. Biological observations of sharks caught by sport fishermen of New South Wales. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 35: 573-590

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(3),407-414.

Stobutzki IC, Miller MJ, Heales DS, Brewer DT. 2002. Sustainability of elasmobranchs caught as bycatch in a tropical prawn (shrimp) trawl fishery. *Fish. Bull.*, 100 (4): 800–821

Suda A. 1953. Ecological study on the blue shark (*Prionace glauca*, Linneo) South Seas Area Fisheries Research Laboratory, Report 26, Supplement p. 1:15

Swofford DL. 2000. PAUP*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and Other Methods). Version 4. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. van Oosterhout et al.. 2004

Taguchi M, Kitamura T, Yokawa K. 2011. Genetic population structure of shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) inferred from mitochondrial DNA on interoceanic scale. *ISC/11/SHARKWG-1/02* p. 2-11

Taguchi M, King JR, Wetklo M, Withler RE, Yokawa K. 2015. Population genetic structure and demographic history of Pacific blue sharks (*Prionace glauca*) inferred from mitochondrial DNA analysis. *Mar Freshw. Res.*, 66, 267–275.

Teo SLH, Rodriguez EG, Sosa-Nishisaki O. 2016. Status of common thresher sharks, *Alopias vulpinus*, along the west coast of North America. U.S. Dep. Commer., NOAA. Tech. Memo., NOAA-TM-NMFS-SWFSC-557, p.196.

Tovar-Ávila J, Castillo-Géniz JL. 2016. Tiburones mexicanos de importancia pesquera en la cites. Instituto Nacional de Pesca. México. 95p. ISBN: 978-607-8274-14-7

Trasviña A, Lluch-Cota D, Filonov AE, Gallegos A. 2004. Oceanografía y el Niño, in: Magaña-Rueda V (ed). *Los impactos del Niño en México*, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación. México, pp 69-102.

Trejo T. 2005. Global philogeography of thresher sharks (*Alopias spp.*) inferred from mitochondrial DNA control region sequences. MSc. Diss. P. 59, California State University, Monterey Bay

United Nations Convention on the Law Of the Sea 2013

Vélez-Marín R, Márquez-Farías JF. 2009. Distribution and size of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the Mexican Pacific Ocean. Pan-American J. of Aquatic Sciences 4 (4), 490-499.

Veríssimo A, Sampaio I, McDowell JR, Alexandrino P, Mucientes G, Queiroz N, Da Silva C, Jones CS, Noble LR. 2017. World without borders—genetic population structure of a highly migratory marine predator, the blue shark (*Prionace glauca*). Ecol. Evol. 7 (13):4768-4781

Veríssimo A, Grubbs RD, McDowell J, Musick JA, Portnoy DS. 2011. Frequency of multiple paternity in the spiny dogfish *Squalus acanthias* in the western north Atlantic. J. Hered., 102 (1): 88–93

Virgen AJ, González E, Severino HC, Cruz SE. 1981. Pesca exploratoria y experimental de tiburón en los litorales de Oaxaca y Chiapas. Ser. Tecnol. Inst. Nal. Pesca 21:1-10

Walker PA. 1998. Fisheries effects and management of North Sea rays. Shark News: Newsletter of the IUCN Shark Specialist Group, 12: 6–7

Walker T. 2005. Species accounts: *Mustelus antarcticus* In: Fowler SL, Cavanagh RD, Camhi M, Burgess GH, Cailliet GM, Fordham SV, Simpfendorfer CA, Musick JA (eds.) Sharks, Rays and Chimaeras: The Status of the Chondrichthyan Fishes. Status Survey (IUCN SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 274–276

Weir BS, Cockerham CC. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population. Evolution. Vol. 38 (6) pp. 1358-1370

Weng K, O'Sullivan J, Lowe C, Winkler C, Dewar H, Block B. 2007. Movements, behavior and habitat preferences of juvenile white sharks *Carcharodon carcharias* in the eastern Pacific. Mar. Ecol. Prog. Ser., 338 (2007), pp. 211–224

Wilson GA, Rannala R. 2003. Bayesian inference of recent migration rates using multilocus genotypes. Genetics 163: 1177-1191.

Zar JH. 1998. Biostatistical analysis. 4th ed. Prentice Hall. New Jersey.