



El Colegio de la Frontera Sur

**Pesquería de la raya pinta *Aetobatus narinari* en el sureste
del Golfo de México: tasas de captura y estructura
poblacional**

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

Por

Elizabeth Cuevas Zimbrón

Septiembre de 2010



El Colegio de la Frontera Sur

San Francisco de Campeche, Campeche, 20 de septiembre de 2010

Los abajo firmantes, miembros del jurado examinador del alumno:

ELIZABETH CUEVAS ZIMBRÓN

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

“Pesquería de la raya pinta *Aetobatus narinari* en el sureste del Golfo de México: tasas de captura y estructura poblacional”

para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

Comité tutelar:

Tutor: Dr. Juan Carlos Pérez Jiménez _____

Asesor: Dr. José Leonardo Castillo Géniz _____

Asesor: Dr. Unai Marcaida Aburto _____

Sinodal adicional: M. en C. Iván Méndez Loeza _____

Sinodal suplente: Dr. Manuel Mendoza Carranza _____

RESUMEN

Se conoce poco sobre las pesquerías de batoideos en aguas Mexicanas, lo que ha obstaculizado establecer medidas de manejo. Esto incluye a la pesquería dirigida sobre la raya *Aetobatus narinari* en el sureste del Golfo de México. De enero a julio de 2009 (temporada completa de la pesquería de *A. narinari*) se realizaron entrevistas a los pescadores y monitoreos de las operaciones diarias de cuatro embarcaciones menores de dos localidades (Campeche y Seybaplaya) del Estado de Campeche. Los pescadores de ambas localidades (separadas por 30 km sobre la línea de costa) difirieron en: a) la distancia de la costa y extensión de la zona de pesca, b) la duración de los lances y viajes de pesca, y c) la operación de la red en la columna de agua (deriva superficial y fija de fondo). Se encontró que existe una segregación espacial por tallas y sexo determinada por la distancia de la costa. Las rayas (1204 ± 225.3 mm AD) capturadas frente a Campeche, 30–50 km de la costa, fueron significativamente mayores que las rayas (924 ± 206.5 mm AD) capturadas frente a Seybaplaya, 8–15 km de la costa. Las capturas estuvieron dominadas por machos en Campeche (105 y 52 hembras) y por hembras en Seybaplaya (383 y 221 machos). La tasa de captura de un pescador frente a Campeche (periodo enero-abril) fue de 6.6 ± 4.9 rayas por lance, y de tres pescadores frente a Seybaplaya (periodo febrero-julio) fue de 3.0 ± 2.9 rayas por lance. La operación pesquera fue predicha por el ciclo lunar y la velocidad del viento para uno y tres pescadores, respectivamente. Las tasas de captura frente a Seybaplaya fueron predichas por la identidad del pescador, la temporada de “nortes”, la temperatura superficial del mar (TSM) y por la interacción temporada de “nortes”*TSM. El número de rayas capturadas fue significativamente diferente de acuerdo con la identidad del

pescador, la temporada de “nortes” y la TSM. Este estudio muestra que tanto los factores ambientales como la percepción, preferencias y experiencia de los pescadores influyen en las tasas de captura y estructura poblacional; por lo que estos elementos deben ser considerados en estudios futuros sobre pesquerías de elasmobranquios.

Palabras clave: batoideos, segregación sexual, segregación por tallas, factores ambientales, predicción de capturas.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPÓTESIS	8
3. OBJETIVO GENERAL	10
3.1. OBJETIVOS PARTICULARES	10
4. ÁREA DE ESTUDIO	11
5. MATERIAL Y MÉTODOS	14
5.1. Descripción de la pesquería	14
5.2. Estructura poblacional de <i>A. narinari</i>	16
5.2.1. Distribución de tallas	17
5.2.2. Proporción sexual y proporción de estadios ontogénicos	18
5.3. Tasas de captura de <i>A. narinari</i>	18
5.4. Factores que predicen la operación pesquera y las tasas de captura	19
5.4.1. Conocimiento empírico del pescador	19
5.4.2. Modelo General Lineal (MGL)	19
5.4.2.1. Operación pesquera y factores ambientales	21
5.4.2.2. Tasas de captura y factores ambientales	22
5.5. Factores que determinan diferencias en el número de rayas capturadas (ANOVA)	23
6. RESULTADOS	25
6.1. Descripción de la pesquería	25
6.1.1. Historia de la pesquería	25
6.1.2. Comercialización	28

6.1.3. Los pescadores de raya <i>A. narinari</i>	29
6.1.4. Equipos de pesca	30
6.1.5. Zonas y viajes de pesca	32
6.1.6. Estacionalidad de las capturas en el Estado de Campeche	34
6.1.7. Especies que son capturadas de manera incidental en las operaciones de pesca de <i>A. narinari</i>	35
6.2. Estructura poblacional de <i>A. narinari</i>	36
6.2.1. Distribución de tallas	36
6.2.2. Proporción sexual	43
6.2.3. Estadios ontogénicos	45
6.3. Tasas de captura de <i>A. narinari</i>	47
6.3.1. Campeche (Monitoreos)	47
6.3.2. Seybaplaya (Monitoreos)	49
6.4. Factores que predicen la operación pesquera y las tasas de captura	52
6.4.1. Conocimiento empírico del pescador	52
6.4.1.1. Factores bióticos	52
6.4.1.2. Factores ambientales	53
6.4.2. Modelo General Lineal (MGL)	57
6.4.2.1. Operación pesquera y factores ambientales	57
6.4.2.2. Tasas de captura y factores ambientales	60
6.5. Factores que determinan diferencias en el número de rayas capturadas (ANOVA)	64
7. DISCUSIÓN	67
7.1. Estructura poblacional de <i>A. narinari</i>	69

7.2. Factores que predicen la operación pesquera y las tasas de captura	72
7.2.1. Operación pesquera y factores ambientales	72
7.2.2. Tasas de captura y factores ambientales	73
8. CONCLUSIONES	79
9. LITERATURA CITADA	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Serie histórica de captura de raya <i>A. narinari</i> en el Estado de Campeche; periodo 1998–2008.	4
Figura 2. Área de estudio con la ubicación de localidades costeras del Estado de Campeche.	13
Figura 3. Abanico seco-salado de raya <i>A. narinari</i> en el mercado de Campeche y de Seybaplaya.	28
Figura 4. Zonas de pesca frente a las localidades de (A) Campeche y (B) Seybaplaya.	34
Figura 5. Frecuencia de tallas de <i>A. narinari</i> frente a las localidades de (a) Campeche y (b) Seybaplaya.	37
Figura 6. Comparación mensual de las tallas de las rayas capturadas frente a la localidad de Campeche y Seybaplaya.	39
Figura 7. Frecuencia de tallas mensual de <i>A. narinari</i> frente a la localidad de Campeche.	40
Figura 8. Frecuencia de tallas mensual de <i>A. narinari</i> frente a la localidad de Seybaplaya.	41
Figura 9. Tallas promedio de las rayas capturadas de febrero a abril de 2009 en la localidad de Campeche (n= 117) y Seybaplaya (n= 301).	43
Figura 10. Serie de tiempo de la proporción de sexos por viaje de pesca frente a la localidad de (a) Campeche y (b) Seybaplaya.	44

Figura 11. Serie de tiempo de la proporción de estadios ontogénicos por lance, para hembras (a y c), y machos (b y d) frente a las localidades de Campeche (a y b), y Seybaplaya (c y d). 46

Figura 12. Tasa de captura del pescador de la localidad de (a) Campeche y (b) los tres pescadores de la localidad de Seybaplaya, durante la temporada de pesca enero a julio de 2009. 48

Figura 13. Tasa de captura de (a) el pescador 4, (b) el pescador 5 y (c) el pescador 6, de la localidad de Seybaplaya durante la temporada de pesca febrero-julio de 2009. 51

Figura 14. Probabilidad de operar del pescador de la localidad de Campeche de acuerdo con los periodos del ciclo lunar. 59

Figura 15. Probabilidad de operar de los pescadores de la localidad de Seybaplaya de acuerdo con la velocidad del viento (km/h). 59

Figura 16. Probabilidad de capturar al menos 5 rayas frente a Seybaplaya de acuerdo con la temperatura superficial del mar. 63

Figura 17. Número de rayas capturadas por lance frente a la localidad de Seybaplaya con respecto a la temperatura superficial del mar. 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Indicador histórico de la pesquería de <i>A. narinari</i> en el Estado de Campeche. Años de experiencia de los pescadores en la pesquería y su percepción de lo que consideran una buena y mala captura en el pasado y presente.	27
Tabla II. Características del equipo de pesca utilizado para la captura de la raya <i>A. narinari</i> en el Estado de Campeche.	32
Tabla III. Análisis de Varianza para determinar si existen diferencias en las tallas de las rayas capturadas en Campeche (enero-abril) y Seybaplaya (febrero-julio).	38
Tabla IV. Análisis de Varianza para determinar si existen diferencias en las tallas de las rayas capturadas en Campeche y Seybaplaya (febrero-abril).	42
Tabla V. Percepción de los pescadores sobre los factores que influyen en la captura de <i>A. narinari</i> .	54
Tabla VI. Resumen de la regresión logística para predecir las operaciones de pesca de un pescador de Campeche y tres de Seybaplaya.	58
Tabla VII. Resumen de la regresión logística para predecir las probabilidades de capturar al menos 1, 3, y 5 rayas frente a Seybaplaya.	61
Tabla VIII. Probabilidad promedio (\pm DE) de capturar al menos 1 y 3 rayas por los pescadores de la localidad de Seybaplaya.	61
Tabla IX. Probabilidad promedio de capturar al menos 1, 3 y 5 rayas en la localidad de Seybaplaya durante la temporada de “nortes” y fuera de la temporada de “nortes”.	62
Tabla X. Análisis de varianza para probar si existen diferencias en el número de rayas capturadas frente a Seybaplaya.	64

ANEXOS

Anexo I. Encuesta socioeconómica de la pesquería de <i>A. narianari</i> en el sur del Golfo de México	93
Anexo II. Artículo derivado de la tesis	99

1. INTRODUCCIÓN

Los batoideos son peces cartilaginosos conocidos comúnmente como rayas y mantas. Al igual que los tiburones, los batoideos se caracterizan por tener una tasa de crecimiento lenta, bajo potencial reproductivo, madurez sexual tardía y una longevidad prolongada, que los hace vulnerables a la explotación intensa (Camhi et al. 1998). La mayoría de las pesquerías de elasmobranquios (tiburones y batoideos) alrededor del mundo no están reguladas y los registros de captura, cuando los hay, están incompletos o por grupo de especies (Compagno 1990; Musick et al. 2000).

Algunas poblaciones de batoideos han disminuido debido a las tasas de explotación altas. Por ejemplo, la raya Noruega *Dipturus batis* en el mar de Irlanda (Brander 1981), la raya “barndoor” *D. laevis* (Casey y Myers 1998), los peces sierra *Pristis* spp. (Thorson 1982; Compagno y Cook 1995; Simpendorfer 2000) y algunas especies de Miliobatiformes en el Golfo de Vizcaya (Quero 1998). Devadoss (1984) documentó que las poblaciones de *Dasyatis* spp. y *Aetobatus narinari* en Calicut, India, disminuyeron considerablemente a finales de los 70’s debido al aumento del esfuerzo pesquero.

Desde la década de los 90’s los batoideos son un componente importante en las capturas de elasmobranquios en ambos litorales de México. Hasta principios de esa década, las capturas reportadas provenían principalmente de pesquerías artesanales multiespecíficas o de capturas incidentales, que contribuían sólo con el 4.2% (1,272 toneladas/año) del total de las capturas de elasmobranquios (Bonfil 1994). Actualmente

en algunos Estados, como Campeche, los batoideos contribuyen con un volumen de captura mayor al de los tiburones (Fuente: Oficina Regional de SAGARPA, Campeche).

Los estudios sobre pesquerías de batoideos se han realizado principalmente en el Golfo de California (Márquez-Farías 2005; Bizzarro et al. 2007a; Bizzarro et al. 2007b; Bizzarro et al. 2009a; Bizzarro et al. 2009b; Smith et al. 2009). Esta pesquería no está documentada en el sureste del Golfo de México por lo que se requiere de información que permita proponer medidas de regulación. Actualmente en México, la pesca de batoideos está regulada, junto con los tiburones, por medio de la NOM-029-PESC-2006, que entró en vigor el 15 de mayo del 2007 (Poder Ejecutivo Federal 2007).

Los registros oficiales de captura de tiburones se remontan a finales de 1930, sin embargo, los registros oficiales de captura de rayas en México son relativamente recientes. Apenas en 1997 sus capturas fueron separadas del grupo tiburón y cazón, aunque existen registros de producción de rayas de la década de los 50's en el Estado de Campeche. De acuerdo con los Anuarios Estadísticos de Pesca de 1997–2008, en México la captura de batoideos en toneladas de peso desembarcado disminuyó de 8206 en 1997 a 5441 en 2008. A partir del 2000 la captura se mantuvo estable con un promedio de 6440 (± 1083) toneladas.

En la década de los 50's y 60's en Campeche el consumo de raya era local ya sea fresca, salada o para fines industriales con una producción de 60 toneladas anuales. Las rayas eran capturadas con redes de arrastre, línea y anzuelo, cimbra para tiburones y ocasionalmente con atarraya (Castro-Aguirre 1965). La Oficina de

Estadística de la entonces Dirección General de Pesca e Industrias Conexas registró para este Estado una producción promedio de 23 (± 16.5) toneladas de rayas en el periodo 1956-1961 y la captura aumentó de 4.8 en 1956 a 46.9 toneladas en 1961. Según Hernández-Carballo (1965) en Isla Aguada y Ciudad del Carmen, Campeche, la producción de raya seca salada (25 toneladas anuales) era del 99% de la producción total en México. En la actualidad, Campeche tiene la mayor producción de raya (43%) del Golfo de México y Caribe (periodo 1997–2008) (Anuarios Estadísticos de Pesca).

Aetobatus narinari es una de las principales especies de rayas capturadas en el sureste del Golfo de México, y en particular, en la costa de Campeche, es capturada de manera dirigida por algunos pescadores ribereños (flota artesanal), y es la segunda especie de batoideo con mayor frecuencia en las capturas, después de la raya látigo americana (*Dasyatis americana*). Según las estadísticas pesqueras, la captura promedio de raya (nombre regional de *A. narinari*) en Campeche fue de 40.6 (± 21.5) toneladas en el periodo 1998–2008. La captura de 1997 fue muy alta (280.6 toneladas) en comparación con la de los años siguientes (Fig. 1), y existe duda de que haya sido sobreestimada. Excluyendo 1997, la menor captura fue registrada en 2007 (9.5 toneladas) y la mayor en 2003 (77.3 toneladas) (Fuente: Estadísticas de la Oficina Regional de SAGARPA, Campeche).

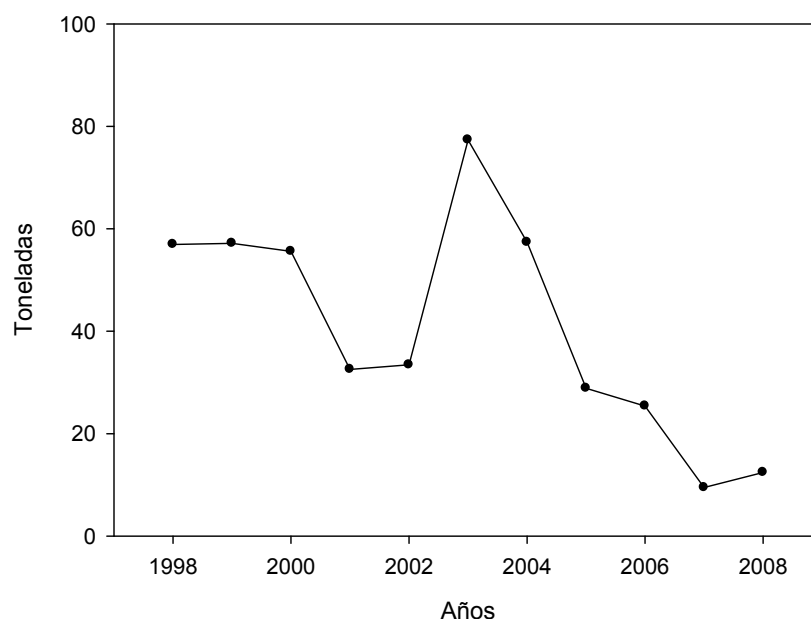


Figura 1. Serie histórica de captura de raya *A. narinari* en el Estado de Campeche; periodo 1998–2008 (Fuente: Oficina Regional de SAGARPA, Campeche).

Aetobatus narinari (Familia Myliobatidae) es una especie cosmopolita, presente en latitudes tropicales y subtropicales (Bigelow y Schroeder 1953). En el Atlántico occidental está registrada desde Carolina del Norte hasta el sur de Brasil, incluyendo el Golfo de México (McEachran y de Carvalho 2002; Richards et al. 2009). La talla máxima reportada para esta especie en el Atlántico occidental es de 2300 mm de ancho de disco (AD) y la talla de nacimiento de 180–360 mm (AD) (McEachran y de Carvalho 2002). Su modo de reproducción es vivíparo aplacentado con histotrofia y las hembras producen un máximo de cuatro embriones (White et al. 2006). Esta especie es un batoideo bento-pelágico que habita comúnmente en aguas superficiales costeras, ocupa un nivel trófico intermedio (mesoconsumidor) (Silliman y Gruber 1999) y se alimenta principalmente de invertebrados como bivalvos, moluscos, poliquetos,

gasterópodos, cefalópodos, camarones y de algunos peces pequeños (McEachran y de Carvalho 2002).

Está catalogada en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como una especie casi amenazada alrededor del mundo y vulnerable en el sureste de Asia desde el 2006, debido a que probablemente la presión de pesca intensa y no regulada, y su bajo potencial reproductivo, han causado una disminución de sus poblaciones (Kyne et al. 2006). Esta es una especie poco conocida y solo algunos estudios han proporcionado información sobre su anatomía (Gudger 1914), distribución, historia de vida (Bigelow y Schroeder 1953; Silliman y Gruber 1999; McEachran y de Carvalho 2002), y pesquería (White y Dharmadi 2007). La mayoría de la información sobre ecología, comportamiento e historia de vida de *A. narinari* proviene de datos anecdóticos proporcionados por pescadores y observaciones en campo (Silliman y Gruber 1999).

No existe información sobre la pesquería de *A. narinari* en el sureste del Golfo de México, incluyendo tasas de captura, estructura poblacional y el comportamiento de los pescadores que participan en ella. Dicha información, además del análisis de la distribución del esfuerzo pesquero (Hilborn 1985), es de utilidad para el manejo de la pesquería. La percepción, preferencias y habilidades del pescador juegan un papel importante en la asignación del esfuerzo pesquero y en el volumen de captura que obtendrán (Salas y Gaertner 2004) por lo que el análisis de tasa de captura debe considerar este factor.

El análisis de las capturas de elasmobranquios pueden proporcionar evidencia de diferencias en la composición de tallas y sexo tanto espaciales como temporales (Springer 1967; Sims 2005), y también evidencia sobre la influencia de los factores ambientales en sus tasas de captura (Hopkins y Cech Jr. 2003; Heithaus et al. 2007; Heithaus et al. 2009). Las diferencias en distribución o preferencia de hábitat (o ambos) de los machos maduros, hembras maduras y estadios inmaduros son tan amplias que pueden estimarse a partir de registros de captura (Springer 1967). Por ejemplo, Dubick (2000), por medio del análisis de las capturas de *A. narinari* en dos zonas de pesca en el suroeste de Puerto Rico, sugiere que existe una segregación por tallas.

Por otro lado, la variación de las tasas de captura de una especie es el resultado directo del grado en el que los factores ambientales, biológicos y operacionales, o la combinación de éstos, afectan la capturabilidad (Lowry et al. 2007; Megalofonou et al. 2009). Estudios recientes lo han documentado para elasmobranquios (Heithaus 2001; Hopkins y Cech 2003; Heithaus et al. 2007; Heithaus et al. 2009; Megalofonou et al. 2009). En particular, los estudios realizados por Heithaus (2001) y Heithaus et al. (2007) indicaron que la temperatura del agua y tipo de hábitat influyen en las tasas de captura de algunas especies de tiburones en zonas costeras. En áreas estuarinas se ha determinado que la temperatura del agua y la salinidad tienen efecto en la captura de la raya gavián *Myliobatis californica*, el tiburón leopardo *Triakis semifasciata* y el cazón musola parda *Mustelus henlei* (Hopkins y Cech 2003). Por otro lado, la relación entre el ciclo lunar y las tasas de captura fue demostrada para el tiburón azul *P. glauca* y el tiburón mako *Isurus oxyrinchus*, donde las mayores capturas fueron obtenidas en luna nueva y en cuarto creciente, respectivamente (Lowry et al. 2007).

Silliman y Gruber (1999) realizaron un estudio sobre la ecología y comportamiento de *A. narinari* en Bimini, Bahamas. Por medio de marcaje con telemetría remota encontraron que esta especie tiene preferencia por temperaturas entre 24 y 27°C y que realiza movimientos diarios relacionados con el ciclo de marea, factor que determina su comportamiento y el que tiene mayor influencia en su distribución. A partir de esos resultados, se sugiere que ambos factores ambientales pueden influir en las tasas de captura de esta especie, además del ciclo lunar y la temporada de “nortes” que fue mencionado por los pescadores al principio de este estudio.

Debido a que la pesquería de *A. narinari* no está regulada a lo largo de toda su distribución, es necesario obtener datos sobre las capturas dirigidas e incidentales para proporcionar información sobre el estado de sus poblaciones (Kyne et al. 2006). Se requieren estudios sobre su biología básica y caracterización de sus pesquerías para proporcionar medidas regulatorias y lograr un uso sustentable.

Por lo anterior y la falta de información sobre la pesquería de *A. narinari* en el sureste del Golfo de México, en este estudio se proporciona una descripción de la pesquería de esta especie en el Estado de Campeche, incluyendo el conocimiento empírico de los pescadores y la distribución del esfuerzo pesquero, la estructura poblacional de la raya (distribución de tallas, proporción de sexos y estadios ontogénicos), las tasas de captura y los posibles factores que influyen tanto en las operaciones de pesca como en las tasas de captura en dos zonas de pesca de la costa central de Campeche.

2. HIPÓTESIS

Debido a que la segregación por tallas y por sexos es común en las poblaciones de elasmobranquios, se plantea la siguiente hipótesis al analizar la estructura poblacional en dos zonas de pesca:

- La estructura poblacional (distribución de tallas, proporción de sexos y de estadios ontogénicos) de la raya *A. narinari* es diferente en dos zonas de pesca de la costa central del Estado de Campeche.

Debido a que los pescadores informaron al inicio del estudio que los principales factores que influyen en su decisión para salir a pescar son la velocidad del viento y el ciclo lunar, se plantea la siguiente hipótesis:

- Las operaciones de pesca para la captura de la raya *A. narinari* pueden ser predichas por alguno de los siguientes factores ambientales: ciclo lunar y/o velocidad de viento.

Debido a 1) que algunos estudios documentaron que la temperatura, ciclo lunar y mareas influyen en las tasas de captura de algunos elasmobranquios, 2) que puede existir variabilidad en las tasas de captura entre pescadores, y 3) que los pescadores señalaron que la temporada de “nortes” y la temperatura influyen en las tasas de captura de la raya, se plantea la siguiente hipótesis:

- Las tasas de captura de la raya *A. narinari* pueden ser predichas por la identidad del pescador y/o alguno de los siguientes factores ambientales: temperatura

superficial del mar o temporada de “nortes” o ciclo lunar o amplitud de mareas y/o interacciones de dos factores.

3. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la pesquería de la raya *A. narinari* en el Estado de Campeche, con base en la estructura poblacional y las tasas de captura.

3.1 OBJETIVOS PARTICULARES (DESCRIPTIVOS)

Descripción de la pesquería de *A. narinari* en el Estado de Campeche.

3.2 OBJETIVOS PARTICULARES (PARA PRUEBA DE HIPÓTESIS)

Determinar si la estructura poblacional (distribución de tallas, proporción de sexos y de estadios ontogénicos) de *A. narinari* es diferente en dos zonas de pesca de la costa central del Estado de Campeche.

Determinar qué factores ambientales influyen en las operaciones pesqueras para la captura de *A. narinari* en la costa central del Estado de Campeche.

Determinar qué factores influyen en las tasas de captura de *A. narinari* en la costa central del Estado de Campeche.

4. ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de Campeche, en el sureste del Golfo de México, se localiza entre los 18°30', 21°00' de latitud norte y los 90°30', 92°30' de longitud oeste, frente a la costa del Estado de Campeche, México (Fig. 2). Tiene una superficie de 66, 770 km², y su amplitud varía de 216 km en el norte de la entidad, entre 30 y 55 km frente a la ciudad de Campeche, y entre 5 y 30 km en el oeste del Estado. La plataforma es notablemente amplia con una pendiente suave (Hernández-Arana et al. 2003) y el intervalo de profundidad es de 10–200 m (Gío-Argaez et al. 2002).

El clima predominante en la zona centro-sur del Estado de Campeche es del tipo cálido subhúmedo, con una humedad relativa promedio del 70% (Palacio-Aponte et al. 2006) y una precipitación media de 1086 mm anuales (CNA 2004). En Campeche los vientos predominantes son los de dirección este y este-sureste, con velocidades entre 2 y 6 km/h y rachas de hasta 15 km/h, siendo mayores durante el invierno (Palacio-Aponte et al. 2006).

Según Hernández-Arana (2003) existen tres períodos climáticos en el sur del Golfo de México: (1) temporada de Secas, a partir de febrero/marzo a junio, que corresponde a la descarga mínima del sistema Grijalva-Usumacinta y dominan los vientos alisios del este (Boicourt et al. 1998), (2) temporada de Lluvias, de junio/julio hasta septiembre, y (3) temporada de “nortes”, de octubre a marzo (Salas de León et al. 1992). Los “nortes” se caracterizan por ser vientos intensos con dirección de norte a sur

sobre el Golfo de México (Palacio-Aponte et al. 2006) con una velocidad mayor a 20 km/h y con una duración de hasta tres días (Salas de León et al. 1992).

Las descargas de los ríos Grijalva-Usumacinta y San Pedro-San Pablo, los “nortes” y la intrusión de agua oceánica de la corriente del Caribe son los principales procesos físicos que rigen en la plataforma de Campeche (Monreal-Gómez et al. 1992, Vidal et al. 1994). El patrón de circulación del agua es impulsada por la corriente del Caribe durante la primavera y el verano, con dirección sur a suroeste, mientras que durante el otoño e invierno el flujo se revierte a una dirección de este a noreste (Boicourt et al. 1998).

Las mareas en la entidad se clasifican como "mixtas diurnas" con una amplitud media de 0.4 m. Las mareas por lo general son irregulares, con un máximo de 0.7 m en las mareas vivas. Durante la época de lluvias son más fuertes las mareas, la pleamar en las mareas lunares se origina alrededor del medio día y por lo general sólo se registra una marea en las 24 horas (Nava-Fuentes 2009).

La temperatura superficial del mar (TSM) presenta una variación estacional. Durante el invierno oscila de 22.5 a 23.5°C hacia la parte occidental de la bahía, y entre 23.7 y 25°C en la zona oriental. En el verano aumenta entre 25° y 28.9°C (Licea y Luna 1999).

Las dos zonas de pesca utilizadas por los pescadores ribereños monitoreados en este estudio se ubican frente a las localidades de Campeche y Seybaplaya, separadas por 30 km de línea de costa (Fig. 2).

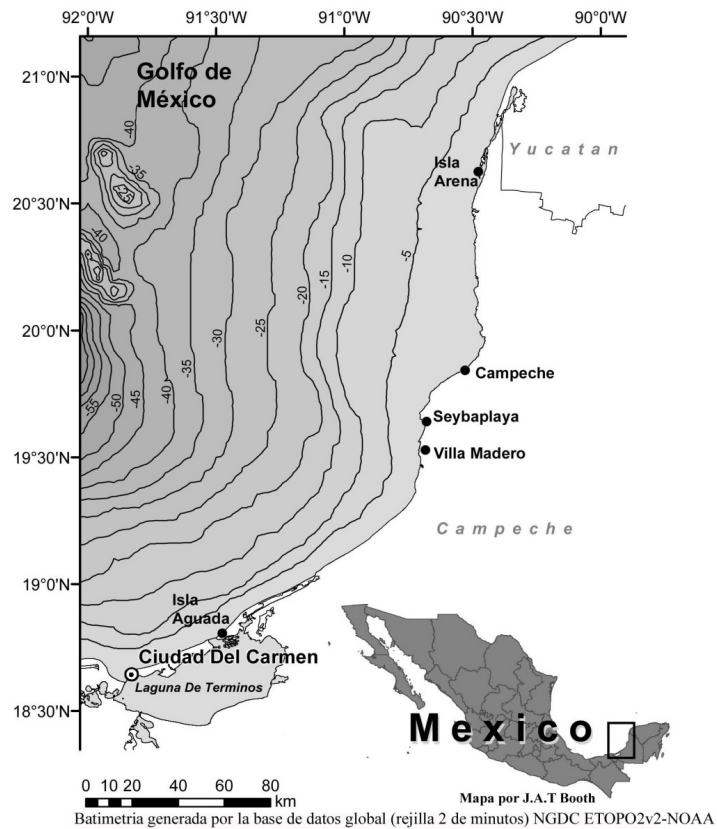


Figura 2. Área de estudio con la ubicación de localidades costeras del Estado de Campeche.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

La descripción de la pesquería artesanal de la raya *A. narinari* en el Estado de Campeche se llevó a cabo por medio de entrevistas a pescadores dedicados a la captura dirigida de la especie en cinco localidades pesqueras del Estado (Isla Arena, Campeche, Seybaplaya, Villa Madero e Isla Aguada) (Fig. 2), y mediante el seguimiento de las operaciones de pesca de cuatro embarcaciones menores en dos de las localidades: Campeche (n= 1) y Seybaplaya (n= 3).

La estimación de las tasas de captura (rayas/lance) y estructura poblacional se obtuvo por medio del monitoreo diario de las operaciones pesqueras que realizaron las cuatro embarcaciones menores durante la temporada de pesca (enero-julio) de 2009. La zona de pesca en Seybaplaya se ubicó a una distancia de la costa de 8 a 15 km y la de Campeche de 30 a 50 km. Estas dos localidades fueron seleccionadas para los monitoreos debido a que son las de mayor producción de raya en el Estado según los registros de captura de la Oficina Regional de SAGARPA, Campeche. A lo largo del documento se utilizó el nombre común “raya”, nombre regional del chucho pintado (nombre FAO) *A. narinari*.

5.1 Descripción de la pesquería

La descripción de la pesquería se realizó por medio de un diseño propositivo (cualitativo) con entrevistas semiestructuradas a pescadores de las cinco localidades (Anexo I). Para contactar a los pescadores que se dedican a la captura dirigida de *A.*

narinari se utilizó la técnica de bola de nieve, sugerida por Arce-Ibarra y Charles (2008). Esta metodología consiste en contactar a pescadores de cada localidad o con los que comercializan la raya en los mercados, que proporcionaron a su vez los nombres de otros pescadores de raya, quienes a su vez proporcionaron más nombres y así sucesivamente.

En cada localidad visitada el número total de entrevistados se limitó cuando se encontraran las siguientes condiciones: a) los que faltaran de entrevistar fueran familiares, operaran de la misma manera que el entrevistado y que no proporcionaran información adicional, o b) que no estuvieran disponibles o no accedieran a ser entrevistados. Para facilitar el análisis posterior, a cada pescador se le designó un número por localidad. A través de las entrevistas se registraron anécdotas y percepciones de los pescadores sobre las fluctuaciones de la captura a lo largo del tiempo. Se realizaron anotaciones referentes al consumo y comercialización de raya, y sobre los factores que influyen en la operación pesquera y en las tasas de captura (Anexo I). Las entrevistas se realizaron al inicio del estudio.

Fue registrada la longitud de las embarcaciones y las características principales del equipo de pesca: tipo de red, abertura de malla extendida, longitud del equipo (largo y caída), material (seda, nylon) y modo de operación (de deriva o anclada/fondo, media agua o superficie). Además se registraron las zonas de pesca (profundidad y distancia de la costa) y los viajes de pesca (número de lances y horas de operación). Adicionalmente fueron registradas las especies de elasmobranquios capturadas incidentalmente.

5.2 Estructura poblacional de *A. narinari*

Los especímenes capturados por los pescadores de Campeche (n= 1) y Seybaplaya (n= 3) fueron registrados para determinar la estructura poblacional de *A. narinari*. En el presente estudio se utilizó el término estructura poblacional para referirse a la distribución de tallas, proporción de sexos y proporción de estadios ontogénicos.

Al 85% (n= 761) de los organismos capturados se les midió el Ancho de Disco (AD) al centímetro más cercano. El Ancho de Disco es la distancia entre los extremos más lejanos de las aletas pectorales (McEachran y de Carvalho 2002). Se determinó el sexo por medio de características externas (presencia de gonopterigios en machos y ausencia en las hembras).

La madurez sexual fue evaluada macroscópicamente para machos y hembras, asignando un estadio ontogénico: juvenil o adulto. El grado de calcificación de los gonopterigios fue el criterio utilizado para determinar la madurez en los machos siguiendo la metodología de Clark y von Schmidt (1965).

La primera ovulación fue el criterio utilizado para determinar la madurez sexual en las hembras. Fueron medidos tanto el diámetro de los ovocitos de la cohorte más grande en el ovario como el ancho del útero izquierdo. El útero se examinó para determinar la presencia de embriones, huevos uterinos o leche uterina (que sugiere un alumbramiento reciente o que la hembra abortó durante la captura), además de

observar y registrar la longitud y vascularización de la trofonemata (vellosidades de las paredes del útero por las que se secreta la leche uterina).

5.2.1 Distribución de tallas

Para estimar la distribución de tallas de las rayas capturadas frente a la localidad de Campeche y Seybaplaya fueron construidos histogramas de frecuencia relativa con intervalos de 100 mm (de 400 a 2300 mm AD). Debido a que las tres embarcaciones de Seybaplaya operaron en las mismas zonas, con el mismo equipo de pesca y la distribución de tallas resultó estadísticamente similar entre los tres pescadores ($F_{(2,601)} = 0.67$, $P = 0.51$), los datos fueron agrupados para realizar la descripción y la comparación con la distribución de tallas de las rayas capturadas por el pescador de Campeche. Dicha comparación se realizó solamente para el periodo en el que las operaciones de pesca coincidieron en ambas localidades (febrero-abril).

Para probar si existen diferencias en las tallas entre las dos localidades fue realizado un análisis de varianza factorial (Zar, 1984). El modelo incluyó la zona de pesca (frente a Seybaplaya y frente a Campeche), el mes (febrero-abril), el sexo y las posibles interacciones. Además, fueron realizados análisis factoriales para probar si existen diferencias en las tallas en cada localidad, incluyendo los factores: sexo y mes (enero-abril para Campeche y febrero-junio para Seybaplaya) y su interacción.

5.2.2 Proporción sexual y proporción de estadios ontogénicos

La proporción de sexos y la proporción de estadios ontogénicos por sexo (juveniles y adultos) fueron calculadas para ambas zonas de pesca. La prueba χ^2 (Chi-cuadrada) con corrección de Yates (Zar 1984) fue utilizada para determinar si existen diferencias significativas en la frecuencia de ocurrencia de sexos y estadios ontogénicos por viaje de pesca. Los análisis fueron realizados por viaje de pesca debido a que el pescador de Campeche realizaba de uno a tres lances por viaje (un lance por noche).

Para Seybaplaya, el análisis estadístico de frecuencia de estadios ontogénicos se realizó únicamente para los machos, ya que la diferencia entre el número de hembras juveniles (n= 378) y adultas (n= 5) fue muy evidente.

5.3 Tasas de captura de *A. narinari*

La tasa de captura fue estimada como el número de rayas por lance. En la localidad de Campeche solo una embarcación fue monitoreada (de dos que operan en esa localidad) y operó cuatro meses (enero-abril) debido a que el pescador cambió de especie objetivo por la baja captura de raya en su zona de pesca. En la localidad de Seybaplaya fueron monitoreados tres pescadores (de 12 que operan en la localidad).

5.4 Factores que predicen la operación pesquera y las tasas de captura

5.4.1 Conocimiento empírico del pescador

Por medio de las entrevistas realizadas a los pescadores de las cinco localidades (Anexo I) se determinó qué factores y en qué medida influyen en las operaciones pesqueras y en las tasas de captura de la raya *A. narinari*.

5.4.2 Modelo General Lineal (MGL)

Con la finalidad de determinar qué factores ambientales predicen la operación pesquera en las dos zonas de pesca y la tasa de captura de la raya *A. narinari* frente a Seybaplaya se utilizó un Modelo General Lineal (MGL) con respuesta binomial, de acuerdo con Heithaus et al. (2007), utilizando el programa estadístico JMP 8.0.1. Este modelo nos permite conocer los factores (X 's) que predicen las probabilidades de que los pescadores operen y las probabilidades de capturar rayas en la zona de pesca.

Los resultados de este análisis indican si el modelo generado por medio de los datos de las tasas de captura se ajusta mejor que las probabilidades de respuesta contantes (hipótesis nula). La diferencia en el logaritmo de la verosimilitud del modelo ajustado por los datos y el modelo con iguales probabilidades se evalúa por medio de un estadístico X^2 (Chi-cuadrada). Esta prueba estadística evalúa la hipótesis de que las variables X 's (factores) no tienen efecto sobre la variable de respuesta (operación de pesca o captura de rayas).

Para cada configuración de factores (X 's), las probabilidades estimadas deben sumar hasta 1 sobre los niveles de respuesta. La función que JMP utiliza para predecir las probabilidades es una composición de un modelo lineal y una función logística de respuestas múltiples. Este es llamado en ocasiones modelo log-lineal porque los logaritmos de las proporciones de las probabilidades son modelos lineales. Por ejemplo, si Y puede ser 1 o 2, el modelo log-lineal se expresa como:

$$\log(P(Y=1)/P(Y=2)) = \text{función de los } X\text{'s}$$

El principio de ajuste del modelo es llamado máxima verosimilitud. Estima los parámetros de tal manera que la probabilidad conjunta para todas las respuestas dadas por los datos es la mejor (verosimilitud) obtenible por el modelo. En lugar de reportar la verosimilitud directamente, se reporta la incertidumbre (-log-likelihood), que es el total de los logaritmos negativos de la verosimilitud.

Los componentes principales del modelo son:

Incetidumbre (-log-likelihood). Es la suma de los logaritmos negativos de las probabilidades atribuidas por el modelo a las respuestas que ocurren con los datos de la muestra. Si se atribuye una probabilidad de 1 para cada evento que ocurre, entonces la suma de los logaritmos negativos es cero en un ajuste perfecto. En el modelo total, -log-likelihood, es la incertidumbre calculada después de ajustar el modelo. El proceso de ajuste implica predecir las tasas de respuesta con un modelo lineal y una función de

respuesta logística. El valor de $-\log\text{-likelihood}$ es minimizado mediante el proceso de ajuste.

Wald X^2 . Es la prueba X^2 de la hipótesis de que el modelo no ajusta mejor que las tasas de respuesta fijas a través de toda la muestra. El estadístico Wald prueba la significancia de los efectos.

R^2 . Es la proporción de la incertidumbre total que se atribuye al ajuste del modelo.

Aunque el nivel de significancia para la prueba de hipótesis fue de 0.05, durante la construcción del modelo se siguió la metodología de Heithaus et al. (2007), removiendo primero las interacciones no significativas ($P > 0.10$) y posteriormente las variables no significativas ($P > 0.10$).

5.4.2.1 Operación pesquera y factores ambientales

Con la finalidad de determinar si el ciclo lunar y la velocidad del viento predicen la operación pesquera en Campeche y Seybaplaya, se consideró como variables de respuesta los días hábiles de pesca (sin tomar en cuenta los fines de semana y días feriados), por lo que la respuesta binomial fue: operó (día de pesca) y no operó (día de no pesca).

El ciclo lunar se determinó utilizando las tablas numéricas de predicción de mareas proporcionados por la Secretaria de Marina Armada de México, estación Lerma,

Campeche. Los registros de la velocidad del viento (Km/h) en promedio de 10 minutos, se obtuvo a través del Servicio Meteorológico Nacional. La velocidad del viento durante la temporada de pesca enero-julio de 2009 osciló de 1.9 a 20.9 km/h.

5.4.2.2 Tasas de captura y factores ambientales

Con el propósito de determinar si la identidad del pescador o factores ambientales (ciclo lunar, amplitud de marea, temperatura superficial del mar, temporada de “nortes”), y todas las posibles interacciones de dos factores predicen las tasas de captura de la raya *A. narinari* frente a la localidad de Seybaplaya, se consideraron como variables de respuesta la captura de al menos 1 ó 3 ó 5 rayas por lance. La respuesta binomial en cada caso se estableció de la siguiente manera: 1 cuando se capturó al menos 1 ó 3 ó 5 rayas y 0 si la captura era 0, menor a 3 y menor a 5 rayas, respectivamente. Analizando estos tres niveles de respuesta se pudo determinar qué variables predicen la captura. El pescador de Campeche no se incluyó en el modelo debido a que su temporada de pesca fue reducida (febrero-abril).

Los factores que conformaron el modelo se obtuvieron de la siguiente manera:

El ciclo lunar se estableció utilizando las tablas numéricas de predicción de mareas proporcionados por la Secretaria de Marina Armada de México estación Lerma, Campeche.

La amplitud de marea (m) se calculó utilizando la diferencia de los valores mínimos y máximos del nivel de marea diario. Los datos se obtuvieron de las tablas numéricas de predicción de mareas proporcionados por la Secretaria de Marina Armada de México estación Lerma, Campeche. Durante la temporada de pesca enero-julio de 2009 la amplitud de marea en la costa central de Campeche osciló entre los 0.08 y 1.56 m.

Los datos de temperatura superficial del mar (TSM) (°C) para la región ubicada a 20.5° N (latitud) y 91.5° O (longitud), se obtuvieron a partir de imágenes de satélite mensuales proporcionadas por la División de Investigación Ambiental (Southwest Fisheries Science Center, NOAA, http://las.pfeg.noaa.gov/las6_5/servlets/dataset?catitem=0). El intervalo de TSM para la temporada de pesca enero-julio de 2009 fue de 23.9 a 28.7°C.

La temporada de “nortes” (octubre-marzo) fue de octubre de 2008 a marzo de 2009 de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional. Para el presente estudio la temporada de pesca se dividió en dos periodos: a) temporada de “nortes” de enero a marzo, y b) temporada sin “nortes” de abril a julio.

5.5 Factores que determinan diferencias en el número de rayas capturadas (ANOVA)

Para determinar si existen diferencias en el número de rayas capturadas por lance frente a Seybaplaya, los datos (número de rayas) se transformaron (raíz cuadrada) para realizar dos análisis de varianza: a) factorial, incluyendo la identidad del pescador, ciclo lunar y temporada de “nortes”, y b) de un factor, incluyendo a la

temperatura superficial del mar. No fue posible realizar un solo modelo factorial debido a que los diferentes niveles del factor temperatura no están cruzados con todos los niveles de los demás factores.

6. RESULTADOS

6.1 Descripción de la pesquería

Fueron entrevistados 10 pescadores, que representan el 45% del total aproximado de pescadores dedicados a capturar *A. narinari* en las cinco localidades del Estado de Campeche. En Isla Arena fueron entrevistados dos de cuatro pescadores, en Campeche uno de dos, en Seybaplaya cuatro de 12, uno en Villa Madero y dos de tres en Isla Aguada. Los 12 pescadores no entrevistados indicaron que la información que ellos proporcionarían era similar a la que dieron los pescadores entrevistados.

6.1.1 Historia de la pesquería

A partir de observaciones y las entrevistas realizadas a los pescadores durante el muestreo se determinó que la pesquería de *A. narinari* es de gran importancia económica y cultural en el Estado de Campeche. La captura de ésta especie en la región se ha realizado desde hace al menos 100 años. Un pescador de Isla Arena (de 70 años de edad) representa a la tercera generación de su familia que se dedica a ésta actividad.

Todos los pescadores entrevistados indicaron que la captura de raya ha disminuido a lo largo del tiempo. Cuatro de los 10 pescadores mencionaron que la disminución notable es reciente, de 3 a 5 años. El 60% consideró que la captura ha disminuido principalmente cerca de la costa (a menos de 7 km), donde la capturaban

con frecuencia. Actualmente tienen que alejarse a más de 8 km de la costa. El 75% de los pescadores consideraron que la captura de raya, y en general de todos los recursos, fue menor en 2009 comparado con los años anteriores.

La percepción de una “buena captura” en un viaje de pesca fue variable entre los pescadores de las diferentes localidades, pero similar entre los pescadores de una misma localidad. En Isla Arena mencionaron las cantidades más altas para una buena captura, entre 70 y 90 rayas por viaje de pesca hace más de 10 años y entre 15 y 20 rayas en la actualidad. Para los pescadores de las demás localidades una buena captura consistía de 20 a 60 rayas por viaje de pesca (40 rayas en promedio) comparado con 8–15 que llegan a capturar en la actualidad en un buen día de pesca. La cantidad de rayas consideradas como una mala captura en el pasado es similar a lo que actualmente es una buena captura. Algunos pescadores consideraron que hace más de 10 años rara vez tenían una captura baja, sin embargo ahora es común que en un viaje de pesca capturen de 0 a 3 rayas (Tabla I). De enero a julio 2009, la mayor captura registrada en un viaje de pesca en Campeche y Seybaplaya fue de 17 y 22 rayas, respectivamente.

Tabla I. Indicador histórico de la pesquería de *A. narinari* en el Estado de Campeche. Años de experiencia de los pescadores en la pesquería y su percepción de lo que consideran una buena y mala captura en el pasado y presente.

	Años dedicados a capturar raya	Buena captura		Mala captura	
		Antes (>10 años)	Ahora (<10 años)	Antes (>10 años)	Ahora (<10 años)
Isla Arena					
<i>Pescador 1</i>	30	80–90	20	2	0
<i>Pescador 2</i>	55	70–80	15 en 3 días	15–20	0–3
Campeche					
<i>Pescador 3</i>	27	30	13	Rara vez	2
Seybaplaya					
<i>Pescador 4</i>	25	40–50	8–10	10	0
<i>Pescador 5</i>	32	40	8	8	0–2
<i>Pescador 6</i>	20	20–25	8	12	0–2
<i>Pescador 7</i>	40	30–40	8	Rara vez	0–2
Villa Madero					
<i>Pescador 8</i>	40	60	15	10–15	0
Isla Aguada					
<i>Pescador 9</i>	48	40–50	10	Rara vez	0
<i>Pescador 10</i>	60	30–40	10	4–5 grandes	0

Según los pescadores la captura de raya *A. narinari* ha disminuido por varias razones (en orden de importancia): a) el aumento del esfuerzo pesquero para todos los recursos, provocando que las rayas se alejen de la costa debido a la gran cantidad de redes operando y/o por el ruido de los motores de las embarcaciones; b) su sobrexplotación; c) la sobrexplotación cerca de la costa de los que son aparentemente su alimento, los moluscos (caracol negro o tombarro *Turbinella angulata*, sacabocados

o lix *Busycon perversum*, cobo luchador *Strombus pugilis* y cobo lechoso *Strombus costatus*); d) el aumento de la población de la raya mancha *Rhinoptera bonasus*, probablemente generando competencia por espacio o alimento; y e) su captura incidental en barcos de arrastre (pesquería de camarón).

6.1.2 Comercialización

La raya es un recurso de valor económico alto que tiene gran demanda en el Estado de Campeche. Su precio es el más alto entre las especies de elasmobranquios que se comercializan. La raya se comercializa en playa (en Seybaplaya), y en los mercados locales, donde se vende fresca o en forma de abanico (corte de la aleta pectoral) seco-salado (Fig. 3).



Figura 3. Abanico seco-salado de raya *A. narinari* en el mercado de Campeche (izquierda) y de Seybaplaya (derecha).

Las rayas son clasificadas por su tamaño: a) chicas, ≤ 1000 mm AD, b) medianas, de 1000 a 1500 mm AD y c) grandes o masanes, ≥ 1500 mm AD. Los pescadores de Isla Arena e Isla Aguada las venden por abanicos a un precio de \$30.00–45.00 M.N. y de \$50.00–60.00 M.N., respectivamente. El pescador de Campeche las vende por pieza a un intermediario en el mercado de la ciudad, a un precio de \$80.00 M.N. las chicas, \$100.00 M.N. las medianas y \$150.00 M.N. las grandes. En Seybaplaya las rayas chicas son las preferidas por los pobladores, quienes las pagan de \$ 60.00–80.00 M.N. pesos cuando la raya es abundante y de \$100.00–150.00 M.N. cuando es escasa. En Seybaplaya, los comerciantes del mercado compran a \$150.00–200.00 M.N. las medianas y \$200.00–300.00 M.N. las grandes.

6.1.3 Los pescadores de raya *A. narinari*

A pesar de que la raya *A. narinari* tiene gran demanda en el mercado regional, son pocos los pescadores que se dedican a su captura (22 en las cinco localidades visitadas). El conocimiento para realizar esta actividad se ha transmitido de generación en generación. Los pescadores señalaron que no todos saben operar la red de manera apropiada, y que la captura de esta especie es complicada y representa más esfuerzo que la captura de otros recursos. Además, procesar las aletas para hacer los abanicos (forma en que se comercializa) requiere de mucho tiempo.

Los pescadores entrevistados tenían experiencia de al menos dos décadas en la captura de *A. narinari* y se dedican a capturar este recurso de manera consistente durante la temporada de pesca de cada año (enero-julio). El tiempo que los pescadores

llevan dedicados a la captura de la raya es variable (de 20 a 60 años), así como sus edades (40 a 70 años). Un pescador de Isla Aguada, es el que tiene más tiempo en la actividad (60 años), seguido por un pescador de Isla Arena con 55 años. Los demás pescadores entrevistados tuvieron un promedio de 30 años dedicados a la captura de *A. narinari* (Tabla I).

6.1.4 Equipos de pesca

El equipo de pesca y las embarcaciones utilizadas para capturar rayas han cambiado con el tiempo. Al inicio de la pesquería la captura era realizada con embarcaciones pequeñas de madera conocidas como cayucos, que navegaban con vela. Únicamente en Isla Arena se registró que en los inicios de la actividad los pescadores capturaban la raya con arpón, y desde hace aproximadamente 40 años cambiaron a redes, primero tiburonerías (abertura de malla de 46 cm) y después rayeras (abertura de malla de 36 cm). Los pescadores de las demás localidades mencionaron que siempre han utilizado redes, pero que quizá el arpón era común antes de que ellos comenzaran a pescar.

Actualmente los pescadores utilizan embarcaciones menores de fibra de vidrio denominadas “lanchas” de 7 y 7.6 m de eslora, con motor fuera de borda de diversa potencia, entre 40 y 75 caballos de fuerza (Tabla II) y una capacidad de 1 a 1.5 toneladas. La lancha del pescador de Campeche tenía modificaciones (una caseta y 20 cm de realce a lo largo de la embarcación) para viajes de pesca más largos (de 1 a 3 días).

La red rayera fue utilizada para la captura de *A. narinari*. Las redes eran de hilo de seda del número 9 y una abertura de malla extendida de 30–46 cm. El pescador de la localidad de Campeche utilizó a su vez algunos paños de red tiburonera (hilo de seda del 30) para la captura de tiburones (principalmente tiburón toro *Carcharhinus leucas*). Únicamente un pescador de Isla Aguada utiliza red cazonera, ya que además de dedicarse a la raya también captura pámpano amarillo *Trachinotus carolinus*. Los pescadores de Isla Arena, Campeche e Isla aguada operan la red de deriva en la superficie, mientras que los de Seybaplaya y Villa Madero la operan fija en el fondo. Nueve de los 10 pescadores se basaron en la presencia de “turbios” para colocar la red. Según los pescadores los turbios son zonas donde hay un cambio de color en el agua por sedimento en suspensión, y varían de tamaño, forma y lugar donde se presentan.

Tabla II. Características del equipo de pesca utilizado para la captura de la raya *A. narinari* en el Estado de Campeche. Los pescadores 3, 4, 5 y 6 fueron los monitoreados para estimar la estructura poblacional y las tasas de captura.

Localidad	Tipo de red	Tipo de material	Abertura de malla (cm)	Longitud (m)		Operación de red
				Largo	Caída	
Isla Arena						
<i>Pescador 1</i>	Rayera	Seda, # 9	43	250	4	Deriva /Superficie
<i>Pescador 2</i>	Rayera	Seda, # 9	43	50	*	Deriva /Superficie
Campeche						
<i>Pescador 3</i>	Rayera	Seda, # 30	30.5	75	4	Deriva /Superficie
Seybaplaya						
<i>Pescador 4</i>	Rayera	Seda, # 9	36.5	100	4	Fondo
<i>Pescador 5</i>	Rayera	Seda, # 9	36.5	100	4	Fondo
<i>Pescador 6</i>	Rayera	Seda, # 9	36.5	100	4–5	Fondo
<i>Pescador 7</i>	Rayera	Seda, # 9	46	100	8	Fondo
Villa Madero						
<i>Pescador 8</i>	Rayera	Seda, # 9	30–40	500		Fondo
Isla Aguada						
<i>Pescador 9</i>	Rayera	Seda, # 9	33–38	250	3	Deriva /Superficie
<i>Pescador 10</i>	Cazonera	Nylon	25.5	50–66 por paño	5	Deriva /Media agua

*No proporcionó información.

6.1.5 Zonas y viajes de pesca

Las zonas de pesca se ubicaron en un intervalo de 2–8 km de la costa (de 3–10 m de profundidad) en la mayoría de las localidades, en el caso de Isla Aguada también incluye la Laguna de Términos.

Los viajes de pesca del pescador de Campeche (# 3) fueron de uno a tres días, con un lance por noche de aproximadamente 12 horas (de 18:00 a 6:00 horas). La zona de pesca (Fig. 4) comprendió un área delimitada entre la isobata de 5 y 10 m, al Noroeste de la Ciudad de Campeche, desde Isla Jaina a 30 km de la costa (aproximadamente 8 m de profundidad) hasta Las Bocas a 50 km de la costa (12 m de profundidad), incluyendo frente a Isla Piedras. A pesar de la gran extensión, para fines descriptivos la zona es denominada como zona de pesca frente a Campeche. En el 25% de todos los lances, principalmente en los viajes de un solo día, el pescador utilizó la zona más cercana a la costa, a unos 15 km de la costa, a una profundidad de 6 y 8 m (frente a la localidad de Campeche) (Fig. 4).

El modo de operar fue similar entre los pescadores de Seybaplaya. Los viajes de pesca fueron diarios, exceptuando viernes y sábado, realizando un lance que duraba parte del día y toda la noche (alrededor de 19 horas: de 10:00 a 5:00 horas). Los pescadores que fueron monitoreados (# 4, 5 y 6) utilizaron la misma zona de pesca, ubicada entre 8 y 15 km de la costa (6–8 m de profundidad) frente a Seybaplaya (Fig. 4). En los días en que hubo gran cantidad de sargazo o la raya mancha *R. bonasus* era abundante, las operaciones de pesca fueron realizadas en la parte más cercana a la costa (a 8 km con 6 m de profundidad) (Fig. 4).

En resumen, la distribución del esfuerzo fue diferente entre los pescadores de las dos localidades en: a) distancia de la costa y la extensión de la zona de pesca, b) la duración de los viajes de pesca, y c) la operación de la red en la columna de agua. La

zona de pesca del pescador de Campeche fue más extensa y los viajes de pesca variables en número de días ya que buscaba rayas grandes (por su mejor precio) en distintas áreas.

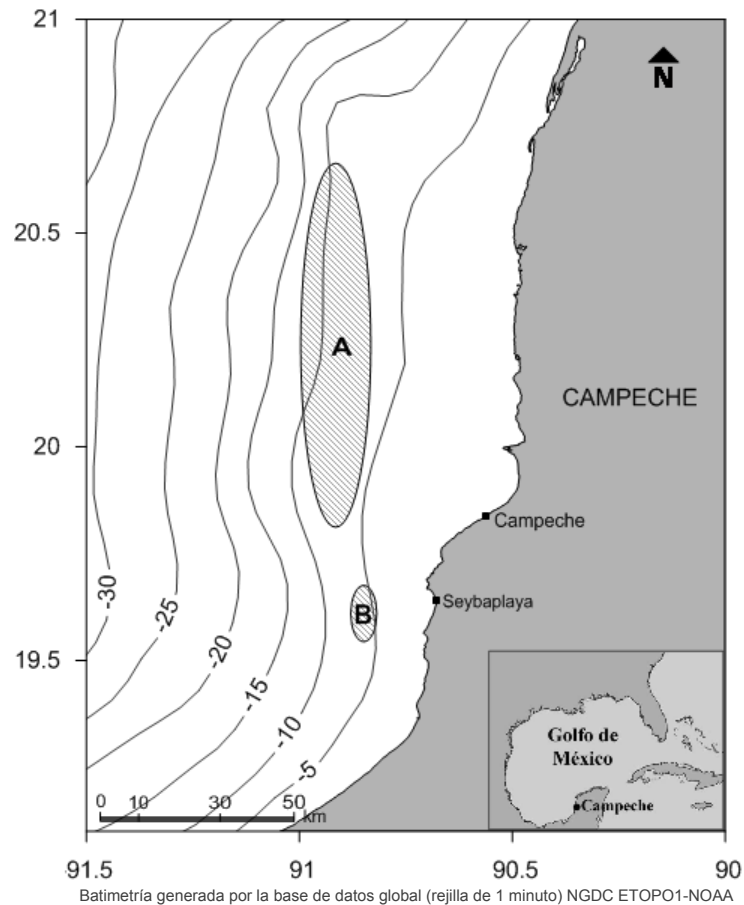


Figura 4. Zonas de pesca frente a las localidades de (A) Campeche y (B) Seybaplaya.

6.1.6 Estacionalidad de las capturas en el Estado de Campeche

Los pescadores entrevistados indicaron que *A. narinari* está presente durante todo el año frente al Estado de Campeche, pero que durante los meses cálidos (mayo-agosto) se aleja de la costa.

La mayoría de los pescadores, principalmente en las localidades de Isla Arena, Campeche y Seybaplaya, se dedican a capturar raya solo de enero a julio, ya que de agosto a diciembre se dedican a la captura de pulpo *Octopus maya*, el recurso pesquero con mayor precio en la región. El pescador de la localidad de Campeche dejó de operar en mayo de 2009 debido a la baja captura de raya, y se dedicó a la pesca de peces del género *Lutjanus* mientras comenzaba la temporada de pulpo. En cambio los pescadores de Seybaplaya, que operaron de febrero a julio, volvieron a pescar raya a partir de octubre de 2009 ya que la captura de pulpo fue muy baja. El pescador de Villa Madero se dedica a la captura de raya todo el año pero lo alterna con otros recursos si ésta escasea. Únicamente los dos pescadores con mayor cantidad de años en la pesquería (de Isla Arena e Isla Aguada) la capturan durante todo el año.

Los pescadores de Seybaplaya, Campeche y Villa Madero mencionaron que los meses durante la temporada de “nortes” son en los que capturan mayor cantidad de raya, y que las capturas disminuyen en los meses más cálidos. Por el contrario los de Isla Arena e Isla Aguada consideraron que tienen mejores capturas entre mayo y septiembre.

6.1.7 Especies que son capturadas de manera incidental en las operaciones de pesca para la captura de *A. narinari*

En la localidad de Seybaplaya, en donde se utilizaron redes de fondo, fueron capturadas de manera incidental la raya látigo americana *D. americana* (con valor comercial relativamente alto, \$10.00–15.00 M.N. por kilo) y la raya mancha *R. bonasus*

(con valor comercial muy bajo, \$10.00 M.N. por pieza y no más de 30 piezas en una bodega de la localidad). En menor proporción fue capturada la raya levisa *Himantura schmardae*. En la localidad de Campeche, donde se utilizó una red de superficie, fueron capturados el tiburón toro *C. leucas*, *R. bonasus* y en menor proporción el tiburón gata *Ginglymostoma cirratum*, el cazón de pech *Sphyrna tiburo* y el cazón de ley *Rhizoprionodon terraenovae*.

6.2 Estructura poblacional de *A. narinari*

6.2.1 Distribución de tallas

El número total de organismos medidos ($n= 157$) en la localidad de Campeche correspondió al 80.5% del total de organismos capturados ($n= 195$) entre enero y abril de 2009. La talla máxima registrada fue de 1860 mm AD y la menor de 580 mm AD, con un intervalo de tallas para las hembras de 580–1860 (1313 ± 300) mm AD y para los machos de 745–1500 (1150 ± 152) mm AD (Fig. 5a).

En la localidad de Seybaplaya el número total de organismos medidos ($n= 604$) representó el 86% del total de organismos capturados ($n= 701$) entre febrero y julio de 2009. La talla mínima registrada fue de 440 mm AD y la máxima de 2020 mm AD. El intervalo de tallas para las hembras fue de 540–2020 (897 ± 215) mm AD, y para los machos de 440–1300 (970 ± 183) mm AD (Fig. 5b).

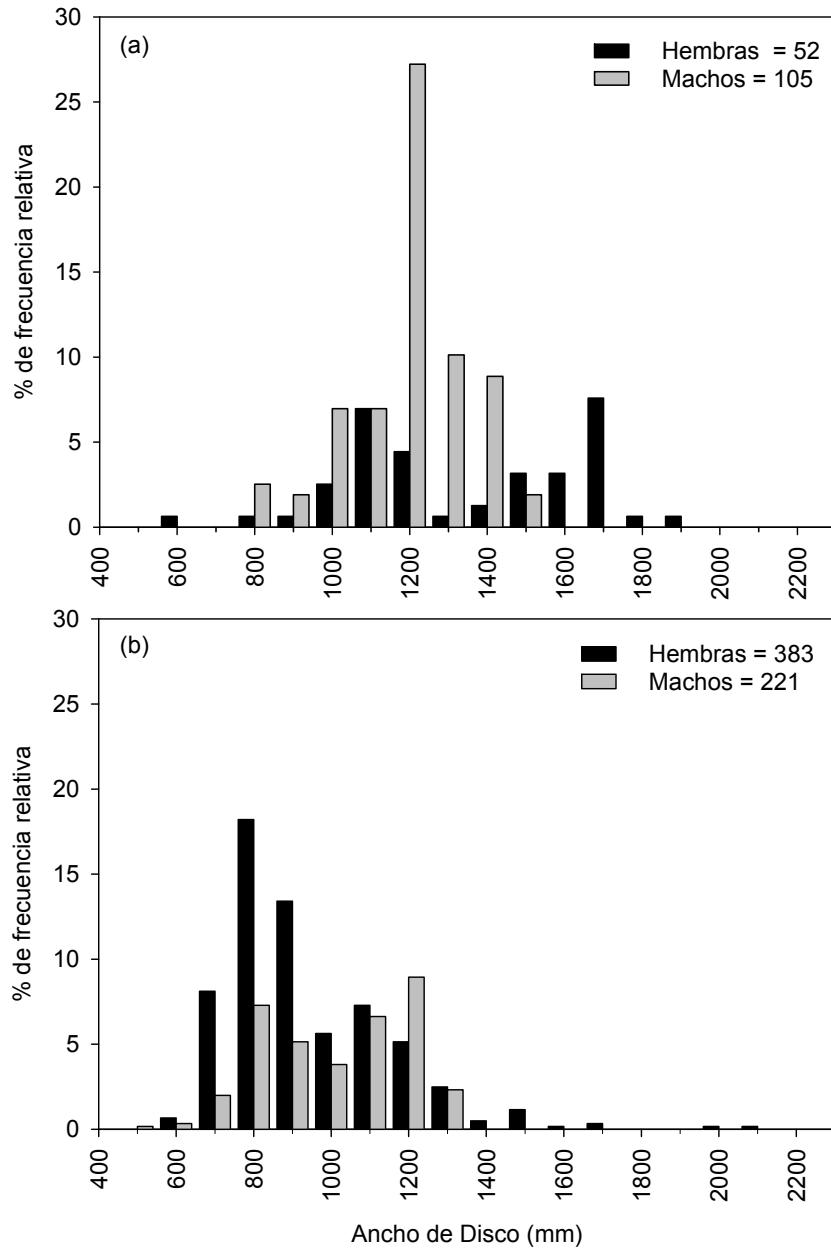


Figura 5. Frecuencia de tallas de *A. narinari* frente a las localidades de (a) Campeche y (b) Seybaplaya.

Las tallas de las rayas capturadas en cada localidad fueron significativamente diferentes de acuerdo con los factores mes y sexo (Tabla III). Las hembras (1313.4 ± 299.9 mm AD) fueron significativamente mayores que los machos (1150.2 ± 152 mm

AD). Las rayas de abril fueron significativamente mayores que las de enero y febrero (Fig. 6). En Campeche la distribución de tallas de los machos resultó unimodal y similar en todos los meses, y estuvo compuesta principalmente por organismos de alrededor de 1200 mm de AD. La distribución de tallas de las hembras fue bimodal, dominando tallas de alrededor de 1100 y 1700 mm AD (Fig. 7).

Tabla III. Análisis de Varianza para determinar si existen diferencias en las tallas de las rayas capturadas en Campeche (enero-abril) y Seybaplaya (febrero-julio).

Factores	gl	F	P
Campeche			
Mes	3	4.1	<0.01
Sexo	1	8.3	0.044
Mes*Sexo	3	2.1	0.098
Seybaplaya			
Mes	5	3.11	<0.01
Sexo	1	14.28	<0.001
Mes*Sexo	5	0.68	0.638

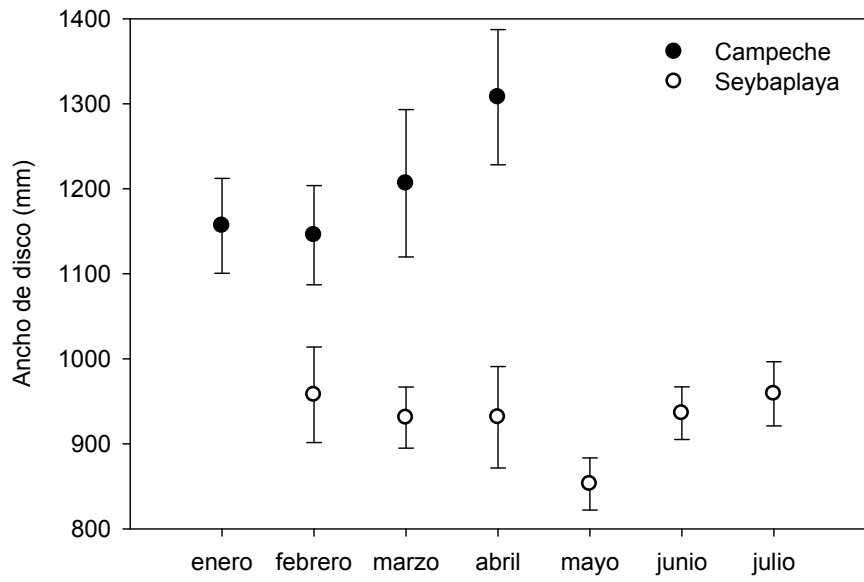


Figura 6. Comparación mensual de las tallas de las rayas capturadas frente a la localidad de Campeche y Seybaplaya (● Promedio I Intervalos de confianza al 95%).

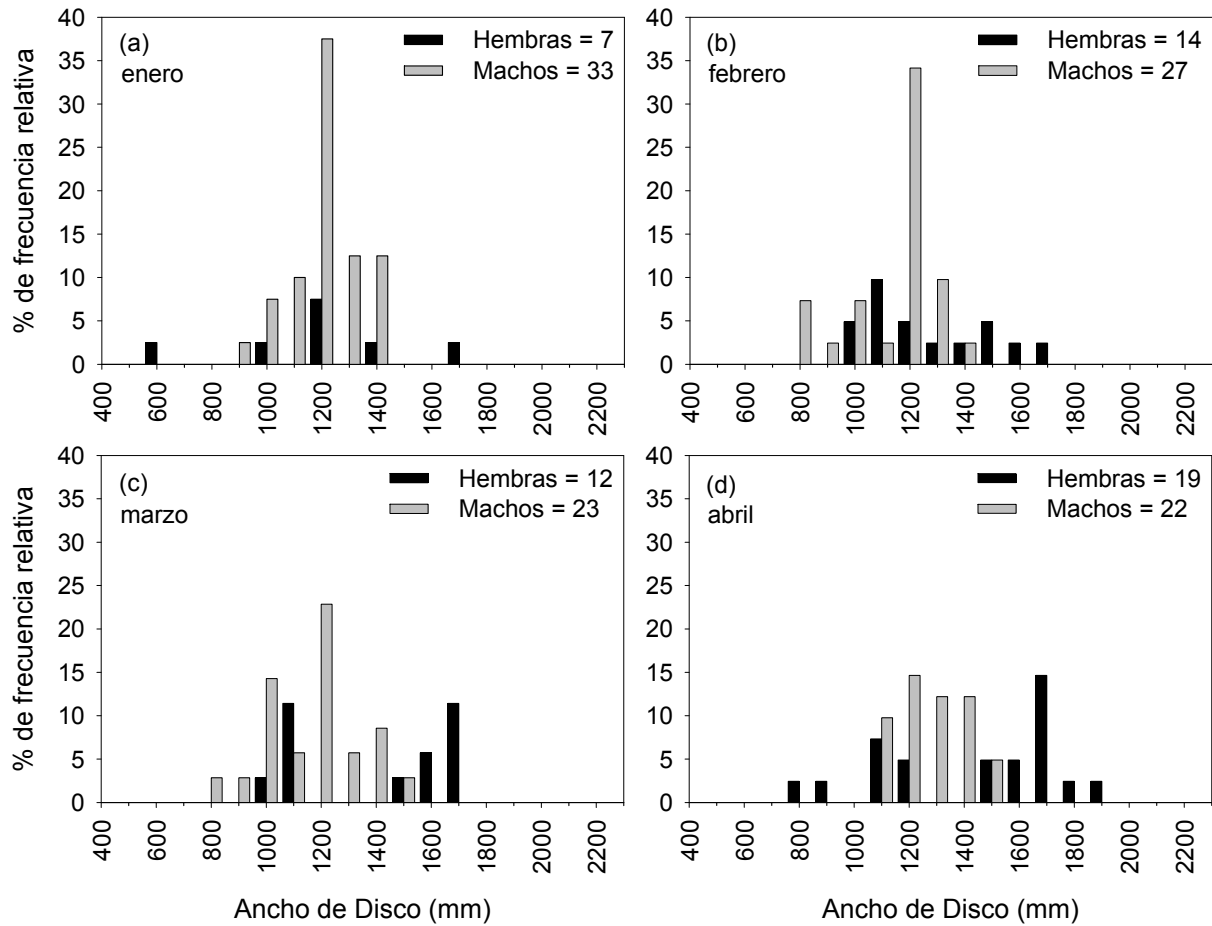


Figura 7. Frecuencia de tallas mensual de *A. narinari* frente a la localidad de Campeche.

En Seybaplaya las hembras (897.4 ± 214.6 mm AD) fueron más pequeñas que los machos (970.3 ± 183.1 mm AD). Las rayas de mayo fueron significativamente menores que las de febrero, junio y julio (Fig. 6). En el caso de los machos fue más variable, ya que en febrero, marzo y julio las rayas entre 1100 y 1200 mm AD fueron más frecuentes, mientras que los individuos de tallas más pequeñas (800–900 mm AD) fueron comunes en febrero, mayo y julio. Las tallas más comunes en hembras fueron alrededor de 800 mm AD y hubo un aumento en la frecuencia de individuos mayores de 1000 mm AD en abril, junio y julio (Fig. 8).

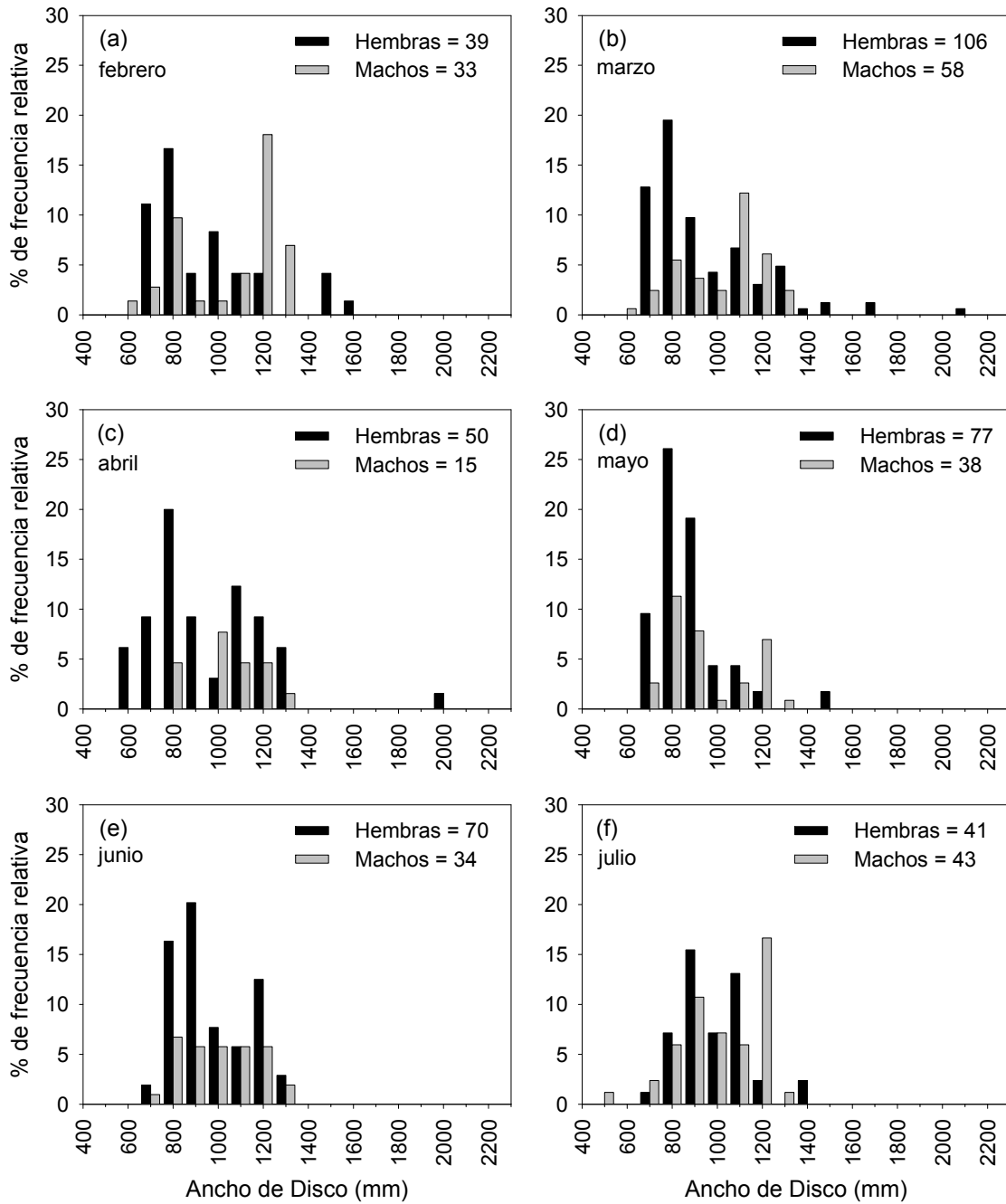


Figura 8. Frecuencia de tallas mensual de *A. narinari* frente a la localidad de Seybaplaya.

En el análisis comparativo de las tallas de las rayas capturadas entre las dos zonas de pesca se corroboró lo señalado por los pescadores, quienes sugirieron que en las zonas más someras y cercanas a la costa se capturan rayas pequeñas y medianas, mientras que en las zonas más alejadas de la costa se encuentran las de mayor tamaño. Las tallas de las rayas capturadas en el periodo febrero-abril fueron significativamente diferentes entre las dos zonas de pesca y en la interacción zona de pesca*sexo (Tabla IV).

Tabla IV. Análisis de Varianza para determinar si existen diferencias en las tallas de las rayas capturadas en Campeche y Seybaplaya (febrero-abril).

Factores	gl	F	P
Zona de pesca	1	114.5	<0.0001
Sexo	1	2.5	0.112
Mes	2	2.2	0.112
Zona de pesca*Sexo	1	27.1	<0.0001
Zona de pesca*Mes	2	2.9	0.054

Las rayas capturadas frente a Campeche (30–50 km de la costa) fueron significativamente mayores que las de Seybaplaya (8–15 km de la costa), con una talla promedio de 1220.6 ± 235.7 mm AD y 937.4 ± 238.7 mm AD, respectivamente (Fig. 9).

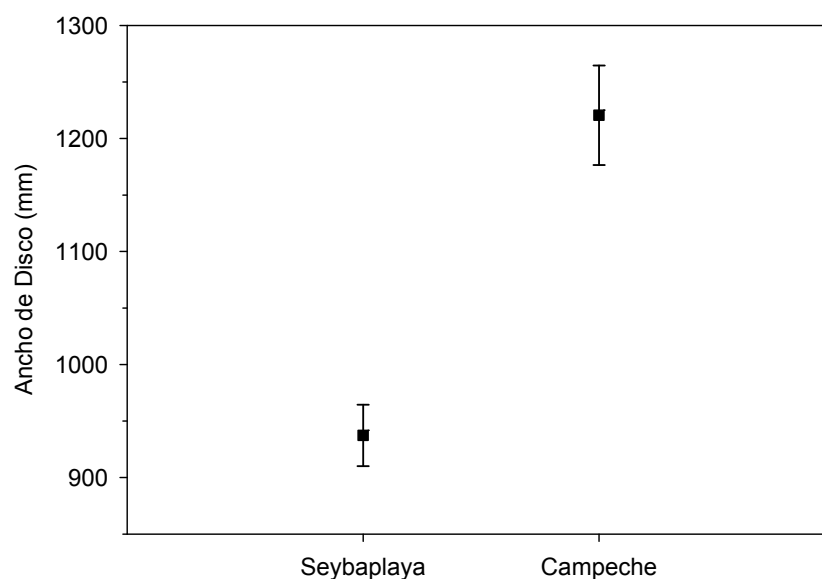


Figura 9. Tallas promedio de las rayas capturadas de febrero a abril de 2009 en la localidad de Campeche (n= 117) y Seybaplaya (n= 301) (■ Promedio I Intervalos de confianza al 95%).

Las hembras (1339 ±290 mm AD) en Campeche fueron más grandes que los machos (1146 ±163 mm AD) de la misma zona de pesca, y que los machos (997 ±184 mm AD) y hembras (903 ±254 mm AD) en Seybaplaya. Además, los machos en Seybaplaya fueron más grandes que las hembras de la misma zona de pesca.

6.2.2 Proporción sexual

La captura de rayas por viaje de pesca frente a la localidad de Campeche estuvo dominada por los machos (Fig. 10a), con una proporción hembra:macho de 0.5:1, siendo estadísticamente diferente de 1:1 ($X^2= 28.14$, $gl= 10$, $P < 0.001$).

Las capturas frente a la localidad de Seybaplaya fueron más variables con respecto al sexo, sin embargo estuvieron representadas principalmente por hembras (Fig. 10b), con una proporción hembra:macho de 1:0.6, siendo estadísticamente diferente de 1:1 ($\chi^2 = 363.9$, $gl = 97$, $P < 0.0001$).

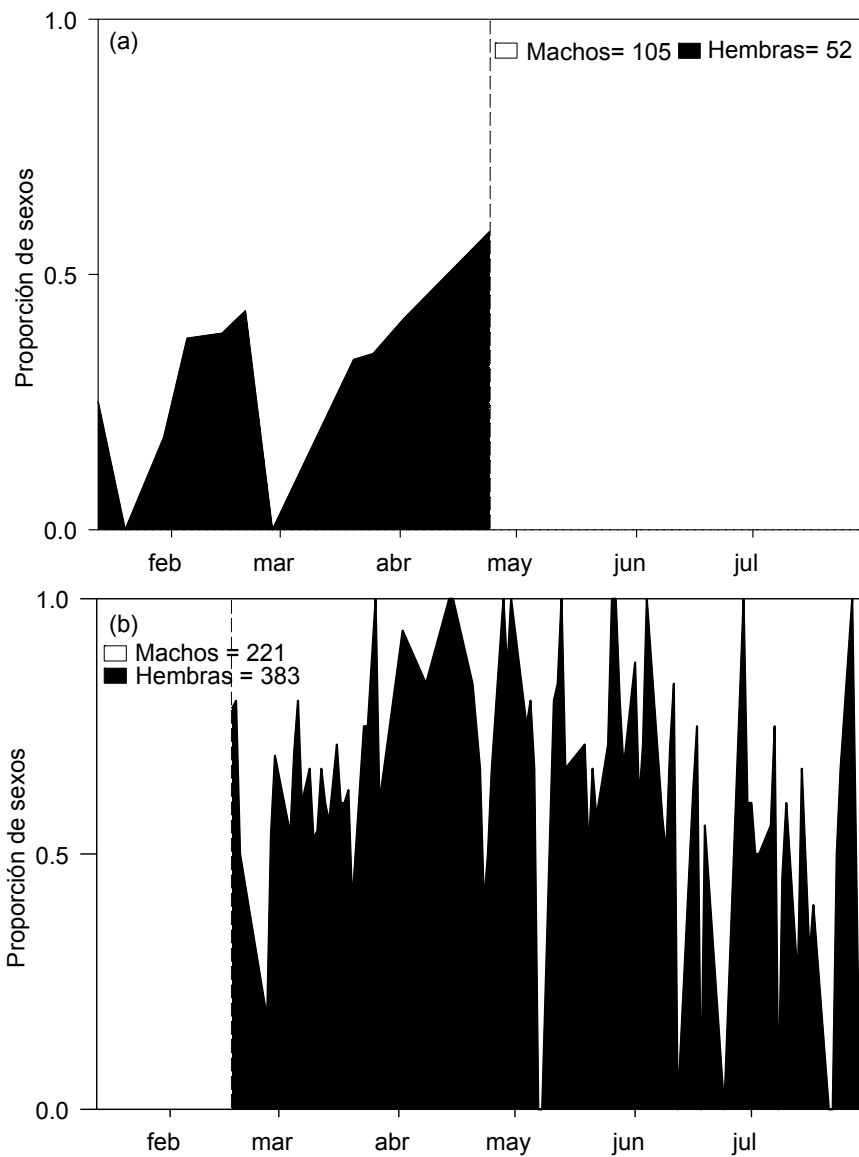


Figura 10. Serie de tiempo de la proporción de sexos por viaje de pesca frente a la localidad de (a) Campeche y (b) Seybaplaya. Las líneas punteadas representan el final (en Campeche) y el inicio (en Seybaplaya) de la temporada de pesca.

6.2.3 Estadios ontogénicos

En Campeche se encontraron diferencias significativas en la frecuencia de estadios ontogénicos por viaje de pesca, tanto para los machos ($X^2= 80.85$, $gl= 10$, $P < 0.0001$), como para las hembras ($X^2= 24.25$, $gl= 8$, $P < 0.01$). La mayoría de los machos eran adultos, mientras que la mayoría de las hembras eran juveniles (Fig. 11a y b), sin embargo, en marzo y abril la proporción de hembras adultas aumentó (Fig. 11a). En esos meses fueron registradas varias hembras que habían alumbrado recientemente (con el útero distendido y leche uterina abundante). El pescador observó la expulsión de las crías durante la captura.

En Seybaplaya se encontraron diferencias significativas en la frecuencia de estadios ontogénicos por viaje de pesca en los machos ($X^2= 222.3$, $gl= 77$, $P < 0.0001$), y aunque no se realizó ningún análisis estadístico para las hembras, la diferencia entre juveniles ($n= 378$) y adultos ($n= 5$) fue muy evidente (Fig. 11c). A diferencia de Campeche, las rayas capturadas frente a Seybaplaya fueron principalmente juveniles de ambos sexos (Fig. 11c y d). En julio la proporción de machos adultos fue mayor, a diferencia del resto de los meses donde la captura estuvo dominada principalmente por los juveniles. A partir de mayo no fue registrada ninguna hembra adulta (Fig. 11c y d).

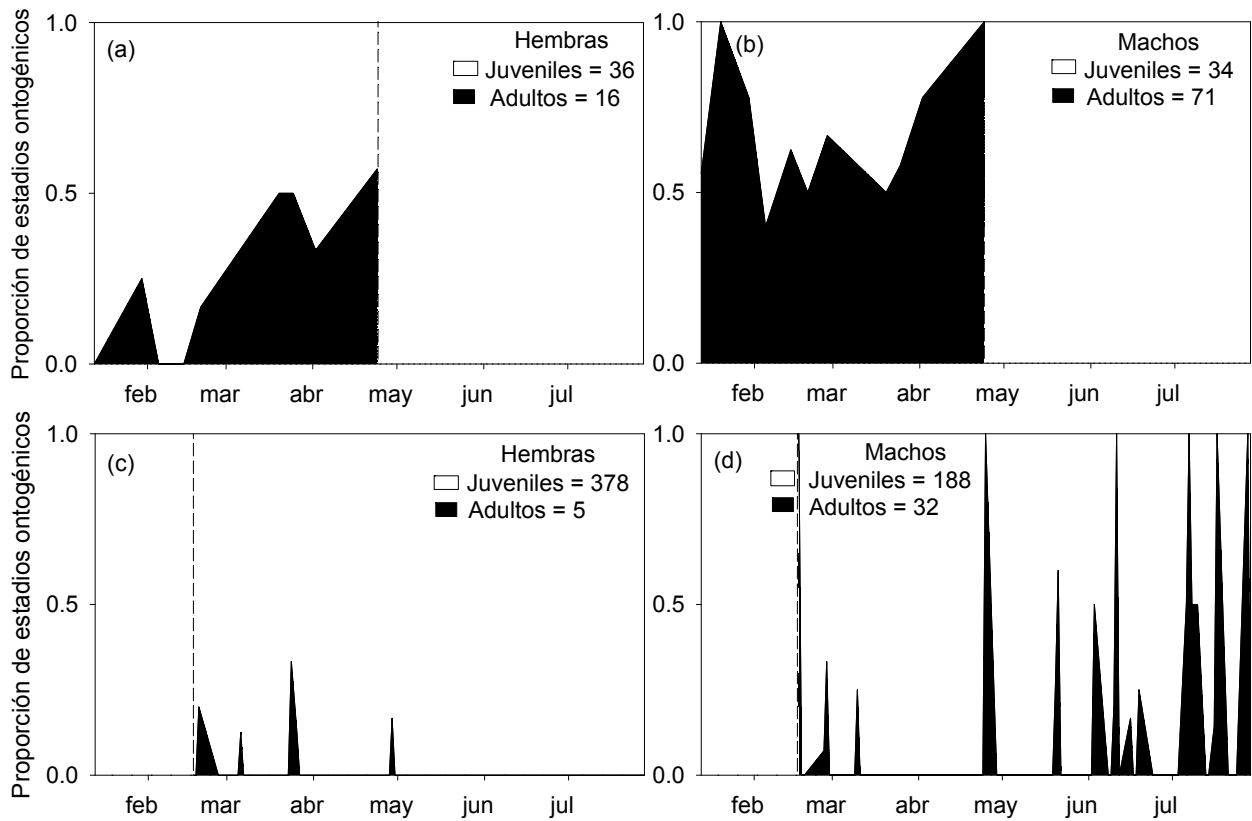


Figura 11. Serie de tiempo de la proporción de estadios ontogénicos por lance, para hembras (a y c), y machos (b y d) frente a las localidades de Campeche (a y b), y Seybaplaya (c y d). Las líneas punteadas representan el final (en Campeche) y el inicio (en Seybaplaya) de la temporada de pesca.

En conclusión, se determinó que la estructura poblacional de *A. narinari* es diferente en las dos zonas de pesca de la costa central del Estado de Campeche, por lo que no se rechaza la hipótesis planteada.

6.3 Tasas de captura de *A. narinari*

6.3.1 Campeche (Monitoreos)

Fueron registrados 195 organismos en un total de 30 lances (6.6 ± 4.9 rayas por lance) de enero a abril de 2009. Las mayores capturas ocurrieron en enero 7.8 ± 2.9 rayas por lance. En el resto de los meses la tasa de captura fue de 5.8 ± 2.0 , 6.6 ± 7.2 y 6.2 ± 7.5 rayas por lance. El número de lances fue el mismo entre meses ($n= 8$), a excepción de abril donde el pescador realizó solo 6 lances. Las capturas más bajas (0 rayas por lance) fueron registradas a principios de marzo y a principios de abril (Fig. 12a).

Es importante señalar que en ocasiones la baja captura no representa la ausencia o poca abundancia de *A. narinari* en la zona de pesca. De acuerdo con el pescador, las bajas capturas registradas se debieron a distintos factores, por ejemplo: el 27 de febrero, a pesar de que observó muchas rayas saltando solo capturó cuatro por lance ya que la captura de dos tiburones toro (*C. leucas*) provocó que la red no operara adecuadamente. En otras ocasiones se debió al mal tiempo (viento fuerte) o a que había gran cantidad de *R. bonasus* en la zona de pesca.

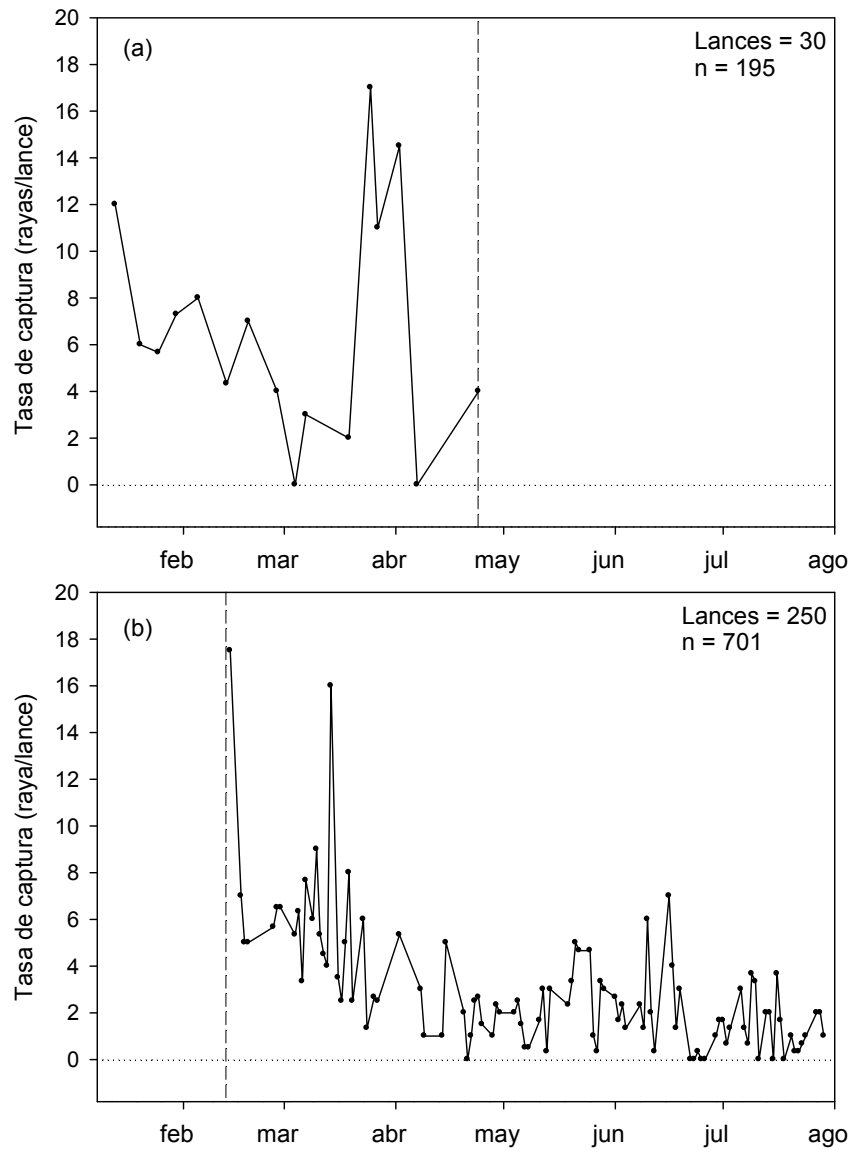


Figura 12. Tasa de captura del pescador de la localidad de (a) Campeche y (b) los tres pescadores de la localidad de Seybaplaya, durante la temporada de pesca enero a julio de 2009. Las líneas punteadas verticales representan el final (en Campeche) y el inicio (en Seybaplaya) de la temporada de pesca.

6.3.2 Seybaplaya (Monitoreos)

Fueron registrados 701 individuos en 250 lances (3.0 ± 2.9 rayas por lance) frente a la localidad de Seybaplaya de febrero a julio de 2009. Las mayores tasas de captura fueron registradas durante los primeros meses de la temporada. En febrero se obtuvo la tasa de captura más alta, con un promedio de 7.6 ± 4.4 rayas por lance, siendo el mes donde se realizó el menor número de lances ($n= 14$); seguido por marzo con una tasa de captura de 5.34 ± 3.3 rayas en 43 lances. Los meses con las menores tasas de captura fueron junio y julio, con 1.92 ± 1.9 y 1.45 ± 1.1 rayas por lance respectivamente, además fueron los meses con mayor número de lances registrados ($n= 58$ y 56 , respectivamente). Se observó una clara disminución de las tasas de captura durante los meses cálidos (a partir de mayo), siendo comunes las capturas de 0 rayas (Fig. 12b).

El 16 de julio un pescador que se alejó por único día hasta 20 km de la costa, capturó 11 rayas mientras que ese mismo día los otros dos pescadores no capturaron nada a 8 km de la costa, resultando en una tasa de captura global de 3.6 rayas por lance.

Entre los pescadores de Seybaplaya, el pescador 4 presentó el mayor número de lances ($n= 96$) y su tasa de captura fue mayor (3.6 ± 3.6 rayas por lance) que la de los pescadores 5 y 6 (2.3 ± 2.6 rayas por lance para ambos) con 78 y 76 lances, respectivamente (Fig.13 a, b y c). Las tasas de captura entre días o semanas fueron variables y en ocasiones las bajas capturas, al igual que en la localidad de Campeche, se debieron a varios factores según los pescadores: la presencia de sargazo y/o la

presencia de *R. bonasus* en la zona de pesca que impidieron operar adecuadamente las redes.

Los pescadores de Seybaplaya retomaron las operaciones para la captura de raya a partir de octubre de 2009, debido a las bajas capturas de pulpo *O. maya*. En la semana del 8 al 13 de noviembre, después de la presencia de dos “nortes” fuertes en la región, sus capturas fueron de 20 a 30 rayas (principalmente grandes) por lance. En un día, uno de los pescadores capturó alrededor de 50 rayas y los otros dos de 20 a 30 rayas. Estos valores fueron mayores a los registrados en toda la temporada de pesca (enero-julio), tanto en Seybaplaya como en Campeche. Los pescadores mencionaron que también en octubre hubo buenas capturas, y que este evento no se presenta todos los años. Consideraron que el descenso considerable de la temperatura del mar, aunado a que el viento fuerte generó mayor turbidez, generaron las condiciones idóneas para la captura de ésta especie.

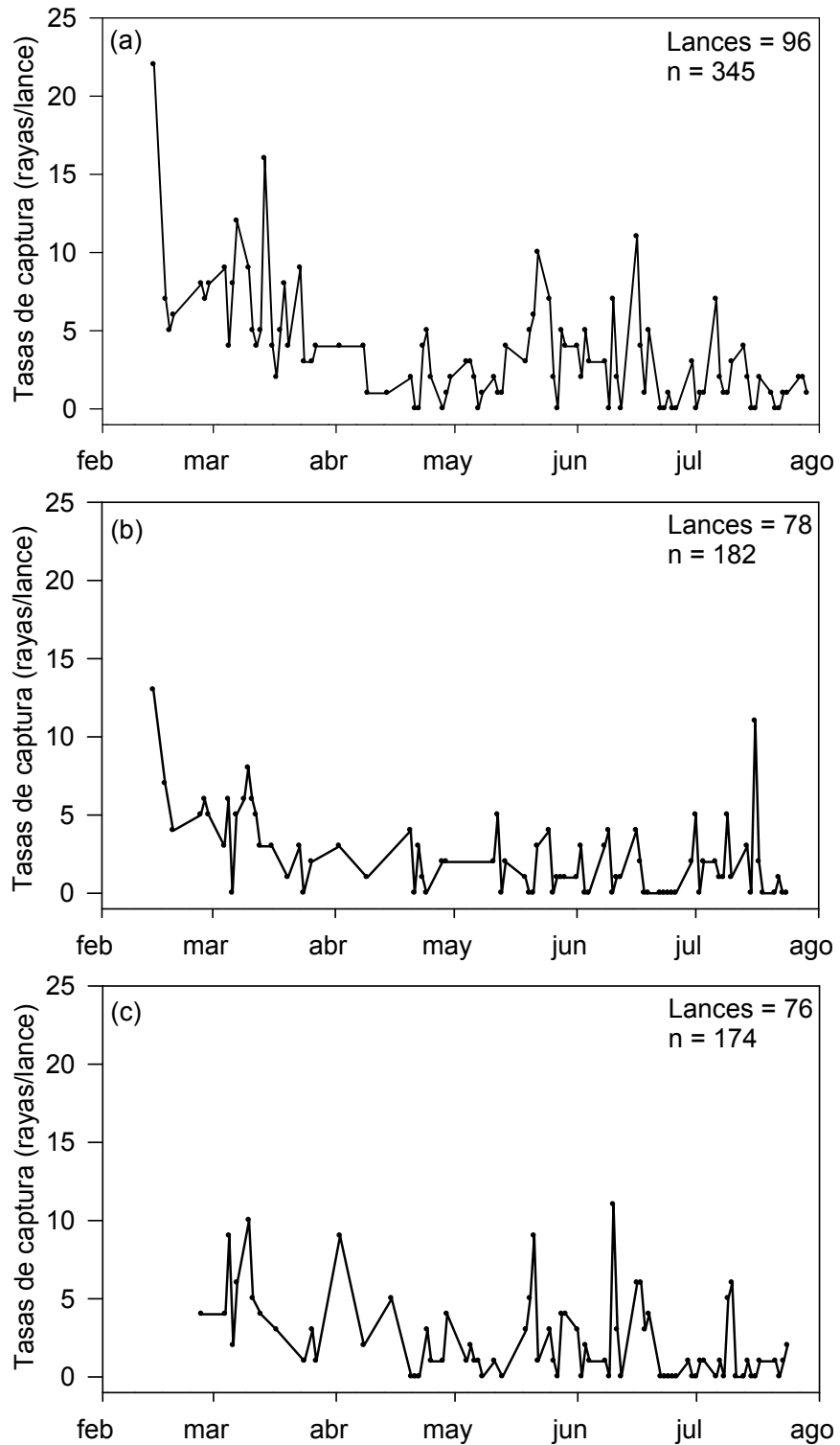


Figura 13. Tasa de captura de (a) el pescador 4, (b) el pescador 5 y (c) el pescador 6, de la localidad de Seybaplaya durante la temporada de pesca febrero-julio de 2009.

6.4 Factores que predicen la operación pesquera y las tasas de captura

6.4.1 Conocimiento empírico del pescador

Según la percepción de los pescadores de las distintas localidades del Estado de Campeche, los factores que influyen tanto positiva como negativamente en la captura de *A. narinari* fueron los siguientes (Tabla V):

6.4.1.1 Factores bióticos

Rhinoptera bonasus

La presencia de *R. bonasus* limita las operaciones de pesca, principalmente frente a las localidades de Campeche, Seybaplaya y Villa Madero (zona centro del Estado). Los cardúmenes de *R. bonasus* son tan grandes (cientos de organismos) que llenan las redes (en ocasiones las destrozan) dificultando la captura de alguna otra especie, incluyendo *A. narinari*, por lo que disminuye la tasa de captura de ésta última. Esta especie tiene un valor comercial bajo o nulo en la región; en algunas bodegas solo reciben un máximo de 30 rayas a un precio de \$10.00 M.N. por espécimen.

En Isla Aguada, *R. bonasus* es más abundante en la temporada de “nortes” (octubre-marzo), y a pesar de que provoca que la operación de pesca sea más complicada, se vende como carnada para la captura de jaiba. Para los pescadores de Isla Arena la presencia de *R. bonasus* no influye en la captura de *A. narinari* porque no la consideran tan abundante en su zona de pesca (a 2 km de la costa). Además,

cuando la llegan a capturar la venden a \$15.00 M.N. por abanico en la misma localidad o localidades aledañas.

Sargazo

El sargazo se enreda en las redes y evita que operen de manera adecuada. Sólo afecta a los pescadores que operan cerca de la costa con redes de fondo, como es el caso de los pescadores de Isla Arena, Seybaplaya, Villa Madero e Isla Aguada. Los pescadores mencionaron que el sargazo se presenta principalmente en temporada de “nortes”, cuando es transportado hacia la costa por el oleaje y el viento.

6.4.1.2 Factores ambientales

Ciclo lunar

La percepción de los pescadores sobre el efecto que tiene el ciclo lunar en la captura de *A. narinari* es variable. En Isla Arena mencionaron que si influye; uno de ellos considera que dos días antes de la luna llena hay mayor probabilidad de captura por las corrientes de marea que se generan. Según los pescadores de Isla Aguada y Campeche, las capturas son menos probables durante la luna llena. Los pescadores de Seybaplaya y el de Villa Madero señalaron que la luna llena no afecta porque ellos colocan sus redes sobre los “turbios”.

Tabla V. Percepción de los pescadores sobre los factores que influyen en la captura de *A. narinari*. + si influye, - no influye, + - sólo influye en situaciones particulares, y * no lo mencionó.

	BIOTICOS		AMBIENTALES				
	<i>R. bonasus</i>	Sargazo	Ciclo lunar	Turbidez	Precipitación	Viento ("nortes")	Temperatura del mar
Isla Arena							
<i>Pescador 1</i>	-	+ -	+	+	+	+	-
<i>Pescador 2</i>	-	+ -	+	+	-	+	+
Campeche							
<i>Pescador 3</i>	+	-	+	+	- +	+	+
Seybaplaya							
<i>Pescador 4</i>	+	+	-	+	+	+	*
<i>Pescador 5</i>	+	+	-	+	+	+	+
<i>Pescador 6</i>	+	+	- +	+	- +	*	+
<i>Pescador 7</i>	+	*	-	+	*	+	+
Villa Madero							
<i>Pescador 8</i>	+	+ -	+ -	+	+	+	+
Isla Aguada							
<i>Pescador 9</i>	+	+ -	+	+ -	+	+	-
<i>Pescador 10</i>	-	+ -	+	+	+	+	+
Porcentaje de (+) de las contestadas	70%	33%	50%	90%	66%	100%	80%

Velocidad del viento y temporada de “nortes”

Todos los pescadores entrevistados coincidieron en que los “nortes” favorecen la captura de *A. narinari*, y de otras especies. Señalaron que después del evento las especies se acercan a la costa. Por lo anterior, la mayoría de los pescadores consideran que la temporada de “nortes” es la mejor época para capturar *A. narinari*.

Turbidez

Todos los pescadores mencionaron que la turbidez es uno de los principales factores que influyen de manera positiva en la captura de raya. En los “turbios” tienen mayor probabilidad de capturar *A. narinari*, con el riesgo por supuesto, de capturar también grandes cantidades de *R. bonasus*. Los turbios se reconocen por el cambio de color en el agua, variando en tamaño, forma y lugar donde se presentan. Los pescadores mencionaron que los “turbios” se generan donde hay arenales (“blanquizales”), porque el pámpano *Trachinotus sp.*, *A. narinari*, *D. americana* y *R. bonasus* levantan el sedimento que queda en suspensión mientras se alimentan en el fondo. Un pescador de Seybaplaya cree que también los vientos del sureste y la marea los forman.

Precipitación

La precipitación es un factor relativamente importante en la captura de *A. narinari*. Tres pescadores consideraron que la precipitación no tiene efecto sobre la captura de la raya, pero uno de ellos ha notado que en la época de lluvias (agosto a

octubre) hay más rayas de tallas pequeñas que en otros periodos del año. Otros pescadores (n= 3) mencionaron que con lluvia hay buena pesca porque favorece la formación de “turbios”. El pescador de Villa Madero y los dos de Isla Aguada coincidieron en que influye negativamente porque cuando hay lluvia se produce bioluminiscencia (que hace más visibles las redes).

Temperatura del mar

La mayoría de los pescadores (80%) consideraron que con el aumento de la temperatura del mar la raya se retira a zonas profundas. Algunos mencionaron que las rayas que capturaron durante los meses cálidos (mayo a julio) estaban muertas, en mala condición y que el proceso de descomposición es más rápido. Únicamente un pescador de Isla Aguada y otro de Isla Arena consideran que la temperatura no influye en la captura de raya.

Otros

Dos pescadores mencionaron que la bioluminiscencia ocasiona la disminución de la captura porque la red se ilumina. Un pescador de Isla Arena mencionó que en marea baja las rayas se alejan de la costa, disminuyendo la captura en su zona de pesca.

6.4.2 Modelo General Lineal

6.4.2.1 Operación pesquera y factores ambientales

La operación de pesca del pescador de la localidad de Campeche fue predicha por el ciclo lunar (Tabla VI), con las mayores probabilidades de captura durante los días de luna nueva (66%) y las menores en días de luna llena (24%). En los días del primer y tercer cuarto de luna la probabilidad de operar estuvo entre 30–35% (Fig. 14). La operación de pesca en Seybaplaya fue predicha por la velocidad del viento (Tabla VI). La probabilidad de realizar un viaje de pesca disminuye conforme la velocidad del viento aumenta. El 50% de probabilidad de que los pescadores operen estuvo entre 12–15 km/h y a partir de los 17 km/h deciden no pescar (Fig. 15) por razones de seguridad.

Tabla VI. Resumen de la regresión logística para predecir las operaciones de pesca de un pescador de Campeche y tres de Seybaplaya.

	Wald X^2	P
Campeche		
<i>Pescador 3</i>		
Ciclo lunar	8.24	<0.05
Modelo general: -log likelihood = 45.48; Wald $X^2 = 8.96$, $P < 0.05$; $R^2 = 0.09$, gl = 3		
Seybaplaya		
<i>Pescador 4</i>		
Velocidad de viento	5.30	<0.05
Modelo general: -log likelihood = 56.84; Wald $X^2 = 5.96$, $P < 0.05$; $R^2 = 0.05$, gl = 1		
<i>Pescador 5</i>		
Velocidad de viento	12.02	<0.001
Modelo general: -log likelihood = 65.45; Wald $X^2 = 15.83$, $P < 0.001$; $R^2 = 0.11$, gl = 1		
<i>Pescador 6</i>		
Velocidad de viento	5.60	<0.05
Modelo general: -log likelihood = 67.43; Wald $X^2 = 6.45$, $P < 0.01$; $R^2 = 0.045$, gl = 1		

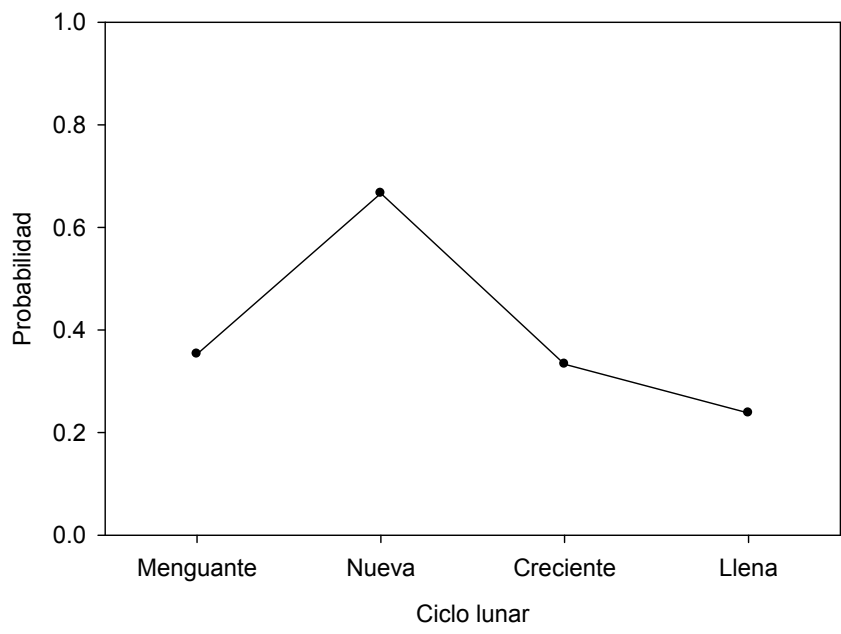


Figura 14. Probabilidad de operar del pescador de la localidad de Campeche de acuerdo con los periodos del ciclo lunar.

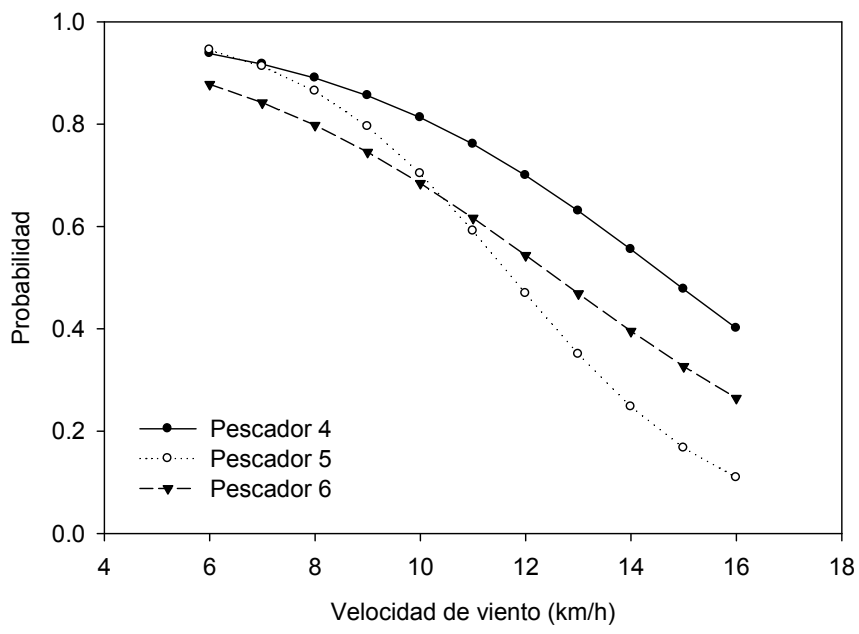


Figura 15. Probabilidad de operar de los pescadores de la localidad de Seybaplaya de acuerdo con la velocidad del viento (km/h).

En conclusión, las operaciones de pesca para la captura de *A. narinari* estuvieron determinadas por el ciclo lunar para la embarcación de la localidad de Campeche y por la velocidad del viento para las tres embarcaciones de Seybaplaya.

6.4.2.2 Tasas de captura y factores ambientales

En Seybaplaya las tasas de captura estuvieron determinadas por el factor pescador, la temporada de “nortes” y la temperatura superficial del mar. La probabilidad de capturar al menos una raya por lance fue predicha por la identidad del pescador y la temporada de “nortes” (Tabla VII). La mayor probabilidad de captura fue para el pescador 4 (83%), mientras que el pescador 5 y 6 tuvieron un 69 y 70%, respectivamente (Tabla VIII). Capturar al menos una raya durante la temporada de “nortes” es altamente probable (96%) y fuera de la temporada la probabilidad disminuye hasta un 68% (Tabla IX).

Tabla VII. Resumen de la regresión logística para predecir las probabilidades de capturar al menos 1, 3, y 5 rayas frente a Seybaplaya.

	Wald X^2	<i>P</i>
Al menos 1		
Pescador	6.45	0.039
Nortes	10.15	0.001
Modelo general: -log likelihood = 112.05; Wald X^2 = 58.16, <i>P</i> <0.0001; R^2 = 0.21, gl = 3		
Al menos 3		
Pescador	7.17	0.027
Nortes	38.20	<0.0001
Modelo general: -log likelihood = 121.02; Wald X^2 = 72.87, <i>P</i> <0.0001; R^2 = 0.23, gl = 3		
Al menos 5		
TSM	6.68	<0.01
Nortes	4.95	0.026
TSM*Nortes	6.82	<0.01
Modelo general: -log likelihood = 81.97; Wald X^2 = 42.13, <i>P</i> <0.0001; R^2 = 0.20, gl = 3		

Tabla VIII. Probabilidad promedio (\pm DE) de capturar al menos 1 y 3 rayas por los pescadores de la localidad de Seybaplaya.

	Al menos 1	Al menos 3
<i>Pescador 4</i>	0.83 \pm 0.17	0.43 \pm 0.26
<i>Pescador 5</i>	0.69 \pm 0.22	0.26 \pm 0.23
<i>Pescador 6</i>	0.70 \pm 0.20	0.26 \pm 0.20

Tabla IX. Probabilidad promedio de capturar al menos 1, 3 y 5 rayas en la localidad de Seybaplaya durante la temporada de “nortes” y fuera de la temporada de “nortes”.

	<i>Temporada de “nortes”</i>	<i>Sin temporada de “nortes”</i>
Al menos 1	0.96 ±0.03	0.68 ±0.19
Al menos 3	0.72 ±0.15	0.21 ±0.11
Al menos 5	0.40 ±0.18	0.07 ±0.00

La probabilidad de capturar al menos 3 rayas por lance fue predicha por los mismos factores que en el modelo anterior (identidad del pescador y la temporada de “nortes”) (Tabla VII), sin embargo, para todas las condiciones las probabilidades de capturar al menos tres rayas son menores que las probabilidades de capturar al menos una. El pescador 4 es el que presentó una mayor probabilidad de captura (43%) con respecto a los otros dos (26%, Tabla VIII) y durante la temporada de “nortes” la probabilidad fue de 72%, mientras que fuera de la temporada fue de 21% (Tabla IX).

Para capturar al menos 5 rayas la identidad del pescador no fue factor predictor, y a diferencia de los dos modelos anteriores, los factores que resultaron significativos fueron la temperatura superficial del mar, la temporada de “nortes” y su interacción (Tabla VII). La probabilidad de capturar al menos 5 rayas fue aún menor que de capturar al menos 1 y 3 rayas.

Conforme la temperatura superficial aumentó, la probabilidad de captura disminuyó. A 23 °C la probabilidad fue de 49% y disminuyó hasta 4% a 28° C (Fig. 16). Durante la temporada de “nortes” la probabilidad de captura fue del 40% y del 7% fuera de esa temporada (Tabla IX). Asimismo, en la temporada de “nortes” la probabilidad de capturar al menos cinco rayas varía de acuerdo con la temperatura del mar (interacción TSM*nortes). La probabilidad disminuye gradualmente conforme la temperatura aumenta, de 73% a 23.9°C hasta 13% a 24.3°C. Fuera de la temporada de “nortes” la probabilidad de captura fue mucho menor, con un intervalo de 6–7% a través del gradiente de temperatura (24.6–28.7°C).

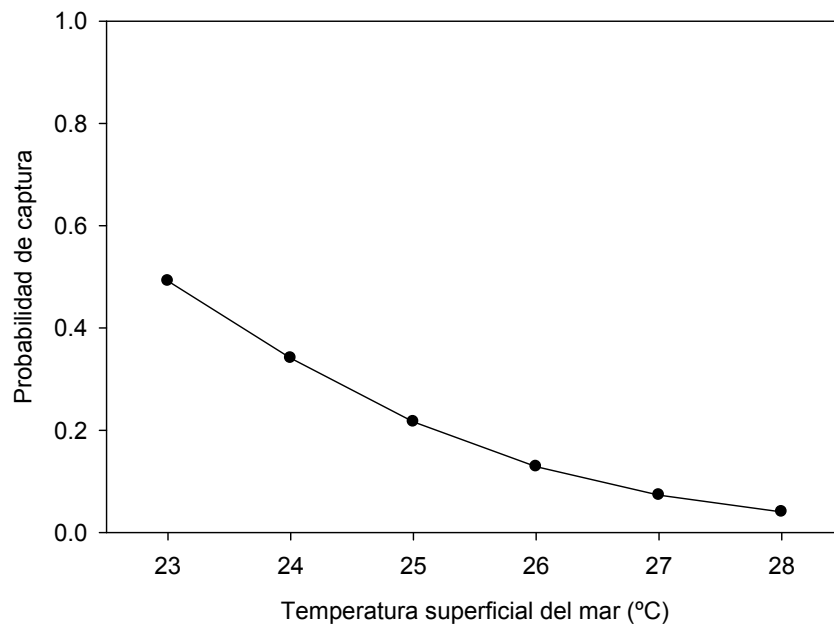


Figura 16. Probabilidad de capturar al menos 5 rayas frente a Seybaplaya de acuerdo con la temperatura superficial del mar.

En conclusión, la probabilidad de capturar *A. narinari* durante la temporada de pesca (febrero-julio) en Seybaplaya estuvo predicha por la identidad del pescador y por

algunos factores ambientales como la temporada de “nortes”, la temperatura superficial del mar y su interacción.

6.5 Factores que determinan diferencias en el número de rayas capturadas (ANOVA)

La cantidad de rayas capturadas por lance frente a la localidad de Seybaplaya fue diferente de acuerdo con la identidad del pescador, la temporada de “nortes” (Tabla X) y la temperatura superficial del mar ($F = 12.93$, $gl = 5$, $P < 0.0001$).

Tabla X. Análisis de varianza para probar si existen diferencias en el número de rayas capturadas frente a Seybaplaya.

Factores	gl	F	P
Pescador	2	4.24	0.016
Nortes	1	31.17	<0.0001
Ciclo lunar	3	1.37	0.255

El número de rayas capturadas fue significativamente diferente entre los pescadores, siendo el pescador 4 el que obtuvo mayor captura (4.3 ± 3.6) que el pescador 5 y 6, quienes capturaron una cantidad similar de rayas (3.4 ± 2.5 y 3.3 ± 2.6 , respectivamente).

Durante la temporada de “nortes” se capturó un mayor número de rayas (5.8 ± 3.7) que fuera de esa temporada (2.8 ± 2.3). El número de rayas capturadas disminuyó

conforme la temperatura superficial del mar aumentó (Fig. 17). La mayor cantidad de rayas fueron capturadas a los 23° C (6.3 ± 2.7) y la menor a los 29° C (2.1 ± 2.6), no obstante, hubo una gran variabilidad a través del gradiente de temperatura, particularmente a los 24° C (Fig. 17).

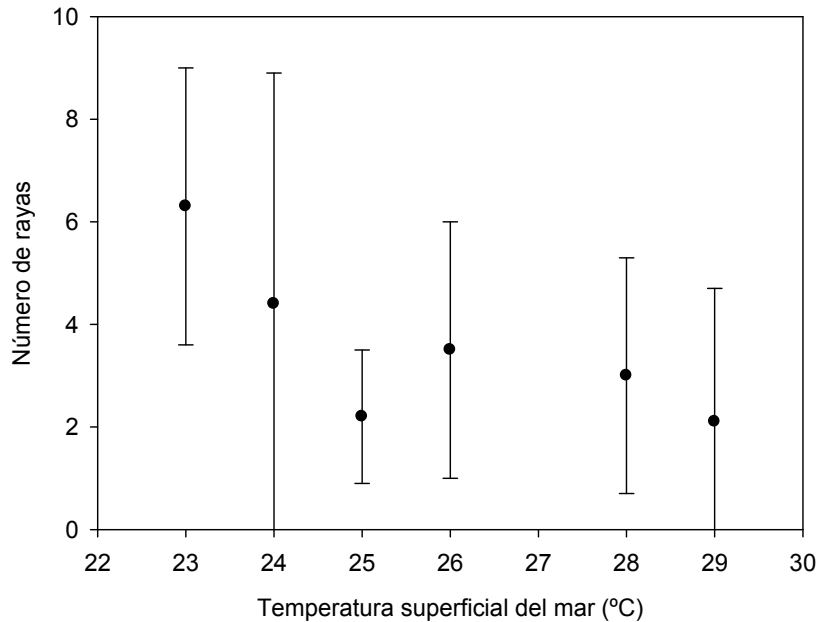


Figura 17. Número de rayas capturadas por lance frente a la localidad de Seybaplaya con respecto a la temperatura superficial del mar (● Promedio I Desviación estándar).

A pesar de que la interacción ciclo lunar y temporada de “nortes” resultó marginal ($F= 2.53$, $gl= 3$, $P= 0.059$), es evidente que existen diferencias en el número de rayas capturadas dentro y fuera de la temporada de “nortes” con respecto al ciclo lunar. La cantidad de rayas capturadas en “nortes” durante luna llena (6.8 ± 3.4) y en cuarto creciente (5.8 ± 2.6) fue mayor que fuera de “nortes” para los mismos periodos (2.6 ± 2.2 y 2.7 ± 1.8 , respectivamente).

En conclusión, la cantidad de rayas capturadas frente a Seybaplaya durante la temporada de pesca (febrero-julio) fue significativamente diferente de acuerdo con la identidad del pescador, la temporada de “nortes” y la temperatura superficial del mar, lo que corroboró la información proporcionada por los pescadores en cuanto a los dos últimos factores.

7. DISCUSIÓN

Éste es el primer estudio que proporciona información detallada sobre la pesquería, estructura poblacional y tasas de captura de la raya *A. narinari* en el sureste del Golfo de México, y sobre los factores ambientales que pueden influir en la operación de pesca y en la captura de esta especie en la costa central del Estado de Campeche.

Las pesquerías de elasmobranquios en México son multiespecífica y utilizan una gran variedad de equipos de pesca (Bizarro et al. 2009). La pesquería de *A. narinari* en el Estado de Campeche, con al menos 100 años de historia, representa quizá una de las pocas pesquerías dirigidas de batoideos en aguas mexicanas del Golfo de México. Esto se debe principalmente a su demanda en el mercado de la región y a que tiene el precio más alto entre los elasmobranquios.

De acuerdo con los pescadores las tasas de captura de *A. narinari* en la zona costera han disminuido, particularmente en la última década. Todos los pescadores entrevistados coincidieron en que actualmente una buena captura (8 a 15 rayas) representaba una mala captura hace más de 10 años, cuando capturaban en promedio 40 rayas por lance. La falta de datos históricos de captura y esfuerzo impide corroborar lo anterior. No obstante, la serie histórica de captura de 1998 a 2008 generada por la Oficina Regional de SAGARPA, Campeche, muestra una disminución de las capturas (Fig. 1). Por otro lado, se desconoce la tasa de captura de esta especie como componente de la captura incidental en la mayoría de las pesquerías. Por ejemplo, su

tasa de captura en la pesquería de *D. americana* y del bagre bandera (*Bagre marinus*) con palangre es muy baja (aproximadamente <0.01 rayas/lance).

La disminución de poblaciones de *A. narinari* debido a la sobrepesca fue sugerida anteriormente por Devadoss (1984) y Kyne et al. (2006). Sin embargo, otros factores pueden contribuir a esa disminución. Por ejemplo, los pescadores entrevistados consideraron que la disminución de la raya (principalmente cerca de la costa) fue ocasionada por el aumento de la presión pesquera sobre otros recursos, el aumento de la población de *R. bonasus*, y la disminución de algunas de sus presas potenciales (moluscos: p.e. *T. angulata*, *B. perversum*, *S. pugilis* y *S. costatus*). Baqueiro-Cárdenas et al. (1999) documentaron que a partir de 1984 las poblaciones de caracol en Seybaplaya mostraron efectos de sobreexplotación, y que la pesca se realiza en aguas cada vez más profundas.

Los pescadores indicaron que la población de *R. bonasus* aumentó en la última década. Algunas poblaciones de elasmobranquios mesoconsumidores incrementaron en regiones donde las poblaciones de tiburones disminuyeron (Heithaus et al. 2004; Myers et al. 2007), tal como *Aetobatus flagellum* en el Pacífico noroeste (Yamaguchi et al. 2005) y *R. bonasus* en el Atlántico noroeste (Myers et al. 2007; Heithaus et al. 2004). En el sureste del Golfo de México probablemente *R. bonasus* aumentó como respuesta a la disminución de las poblaciones de tiburones grandes. No obstante, aparentemente *A. narinari* no ha incrementado como lo hizo *R. bonasus*, lo que concuerda con Myers et al. (2007), quienes documentaron que esta especie tiene una tasa de cambio en

abundancia negativa en el Atlántico occidental, a pesar de la disminución de las poblaciones de tiburones.

La diferencia en la distribución del esfuerzo entre las zonas de pesca estuvo estrechamente relacionada con las preferencias de consumo de las personas de las localidades de Campeche y Seybaplaya. El pescador de Campeche buscó rayas grandes debido a su alto precio en el mercado de Campeche, mientras que los pescadores de Seybaplaya buscaron rayas pequeñas debido a que la gente de esa localidad las prefiere, las compran enteras y su precio es el más alto. Por lo tanto, las preferencias de consumo es lo que ocasiona que los pescadores dirijan su esfuerzo para capturar rayas de distintos tamaños y así maximizar los beneficios económicos.

Dado que la pesquería analizada es una pesquería dirigida, con *A. narinari* como la especie objetivo, es más factible implementar medidas regulatorias. Para esta pesquería los permisos de pesca pueden ser específicos en lugar del permiso multiespecífico actual (para escama y tiburón), y los pescadores deberían proporcionar registros de captura por viaje de pesca por medio de bitácoras como lo establece la NOM-029-PESC-2006.

7.1 Estructura poblacional de *A. narinari*

La longitud máxima reportada para *A. narinari* en el Atlántico Occidental por McEachran y de Carvalho (2002) fue de 2300 mm AD y una longitud de nacimiento de hasta 360 mm AD. La longitud máxima reportada en este estudio fue de 2020 mm AD y

la mínima de 440 mm AD, lo que indica que las capturas de raya frente a las localidades de Campeche y Seybaplaya inciden casi en todo el intervalo de tallas reportado para la especie.

A partir de los registros de captura de las embarcaciones monitoreadas en las localidades de Seybaplaya (zona de pesca cercana a la costa) y Campeche (zona de pesca lejana a la costa) en la costa central del Estado, se determinó que la estructura poblacional (distribución de tallas, proporción de sexos y proporción de estadios ontogénicos) de *A. narinari* es diferente en las dos zonas de pesca. Dado que los equipos de pesca utilizados en las dos zonas fueron similares, se consideró que las diferencias en la distribución de tallas entre zonas se debieron a la distancia de la costa y no a la selectividad del equipo de pesca.

Las diferencias en la distribución de tallas de *A. narinari* entre las dos localidades (Campeche y Seybaplaya) sugiere que existe una segregación espacial por clases de talla frente a la costa central del Estado de Campeche. Las rayas grandes, hembras de 1339 ± 289.9 mm AD y machos de 1146.5 ± 162.8 mm AD fueron capturadas lejos de la costa (frente a la localidad de Campeche), mientras que las rayas chicas y medianas, hembras de 903.6 ± 253.6 mm AD y machos de 999.5 ± 184.2 mm AD cerca de la costa (frente a Seybaplaya). Un patrón similar fue observado para *A. narinari* al suroeste de Puerto Rico (Dubick, 2000). La segregación espacial por clases de talla también fue reportada en poblaciones de otras especies de batoideos como *Raja radiata* (Walker et al. 1997) y la raya gavilán *M. californica* (Hopkins y Cech 2003), entre otros.

El reducido número de rayas de tallas grandes frente a Seybaplaya y de tallas medianas y pequeñas frente a Campeche puede deberse a una preferencia de hábitat; en el que las rayas grandes prefieren las zonas más profundas lejanas a la costa y los juveniles prefieren zonas someras cercanas a la costa. Algunos batoideos como *Raja clavata* crecen en áreas costeras relativamente someras antes de moverse a zonas alejadas de la costa (Walker et al. 1997). También Vaudo y Heithaus (2009) documentaron que los individuos inmaduros de varias especies de elasmobranquios utilizan la zona costera de Shark Bay, Australia. De acuerdo con varios autores esto se debe a la necesidad de minimizar el riesgo de depredación (Heupel y Hueter 2002; Heithaus 2004, Heithaus 2007).

La segregación por sexo es común entre los elasmobranquios (Springer 1967; Sims 2005), tal como ocurre en *A. narinari* en el sureste del Golfo de México. Se sugiere lo anterior porque se observó una proporción desigual entre hembras y machos en las capturas, dominando los machos en Campeche y las hembras en Seybaplaya. No hay registros de segregación por sexo para esta especie en otras regiones debido a la falta de estudios en toda su distribución. Se han reportado diferencias en la proporción sexual de dos especies de tiburones y cinco batoideos en las capturas de la pesquería artesanal de elasmobranquios en Sonora, México (Bizzarro et al. 2009b) y el resultado ha sido similar para varias especies de elasmobranquios en la costa oriental de Baja California, México (Smith et al. 2009).

7.2 Factores que predicen la operación pesquera y las tasas de captura

7.2.1 Operación pesquera y factores ambientales

El ciclo lunar fue el factor predictor de la operación del pescador de la localidad de Campeche, quien dejó de operar en luna llena porque consideró que durante esos días la probabilidad de capturar raya es muy baja porque la red es visible. Existen estudios que explican la variabilidad de las tasas de captura de peces con respecto al ciclo lunar como resultado del aumento de los niveles de luz (Lowry et al. 2007), que provoca mayores tasas de captura en palangre porque la carnada es más fácil de detectar (Bigelow et al. 1999) y menores tasas de captura en redes de enmalle y de deriva porque la red es más visible (Collins 1979; Di Natale y Mangano 1995).

A diferencia de Campeche, el factor predictor para la operación pesquera en Seybaplaya fue la velocidad del viento y no el ciclo lunar, porque los pescadores operaron sobre los “turbios” y con redes de fondo. La influencia de la velocidad del viento se debe principalmente a razones de seguridad y para facilitar las operaciones de pesca.

Lo anterior demuestra distintas formas de operar de pescadores en localidades cercanas (30 km de distancia de línea de costa), aunado a las diferencias en la extensión y distancia de la costa de sus zonas de pesca, la duración de sus viajes de pesca, la operación de la red en la columna de agua y la duración de los lances. Al menos la distancia de la costa probablemente influye en la distribución de tallas y en la

proporción de sexos y estadios ontogénicos de las rayas capturadas. Este estudio muestra que la percepción, preferencias y experiencia de los pescadores influyen en las tasas de captura y en la estructura poblacional; por lo que estos elementos deben ser considerados en estudios futuros.

7.2.2 Tasas de captura y factores ambientales

La identidad del pescador fue un factor significativo para la predicción de la probabilidad de capturar al menos una y al menos tres rayas durante la temporada de pesca en Seybaplaya. Esto demuestra la importancia de estudiar la variabilidad entre pescadores, sobre todo cuando se realizan comparaciones entre las tasas de captura de diferentes localidades, en donde las diferencias pueden deberse no solo a las zonas y equipos de pesca, entre otros, sino también a la variabilidad entre pescadores.

En el presente estudio se demostró que las tasas de captura de *A. narinari* pueden ser predichas por la temporada de “nortes”, temperatura superficial del mar y su interacción temporada de “nortes”*TSM. Diversos estudios encontraron que la abundancia y distribución de las especies de elasmobranquios está influenciada por diversas variables ambientales, como la temperatura (Heithaus et al. 2007; Heithaus et al. 2009; Hopkins y Cech 2003), el ciclo lunar (Lowry et al. 2007), el ciclo de mareas (Silliman and Gruber 1999), el oxígeno disuelto (Heithaus et al. 2007) y la salinidad (Hopkins and Cech 2003).

Silliman y Gruber (1999) encontraron que los movimientos de *A. narinari* en Bimini Bahamas estuvieron asociados con las mareas. El ciclo lunar y el ciclo de mareas también mostraron efectos en los movimientos y presencia de la manta *Manta birostris* en el parque marino de Komodo, Indonesia (Dewar et al. 2008). En algunas especies de batoideos se ha observado ciclicidad en los patrones de movimiento (a pequeña escala); por ejemplo, *Dasyatis lata* mostró patrones de movimiento diarios influidos por la intensidad de luz (Cartamil et al. 2003). Estudios de telemetría acústica demostraron que la termorregulación influye en el patrón diario de movimiento de *M. californica* en Tomales Bay California (Matern et al. 2000).

A pesar de que la raya se observó durante toda la temporada de pesca (febrero-julio), a través del análisis de las tasas de captura se pudo observar un patrón estacional en su ocurrencia. Se corroboró a través del modelo de regresión logística que la captura es mayor durante la temporada de “nortes”, en los meses donde la temperatura es menor, y disminuye conforme aumenta la temperatura. Lo mismo fue reportado por Dubick (2000), quien observó que *A. narinari* al suroeste de Puerto Rico prefiere zonas profundas de menor temperatura durante los meses de verano, ya que su captura disminuyó a pesar de un aumento en el esfuerzo pesquero durante esos meses.

Silliman y Gruber (1999) por medio de marcaje con telemetría remota observaron que *A. narinari* muestra una preferencia por un intervalo de temperatura de 24–27°C. A partir de los resultados del presente estudio se demostró que la raya fue más abundante en la zona de pesca a temperaturas entre 23 y 24° C y disminuyó conforme

fue aumentando la temperatura. Podría ser que esta especie tenga un comportamiento termorregulador como lo han demostrado en otras especies de batoideos, que aprovechan las variaciones en la temperatura del mar para facilitar su crecimiento y otros procesos biológicos (Matern et al. 2000), ya que los cambios relativamente pequeños en la temperatura del mar pueden tener efecto sobre la dinámica de la población (Neer et al. 2007).

Silliman y Gruber (1999) monitorearon los patrones de movimiento de *A. narinari* en Bimini, Bahamas. Observaciones aéreas indicaron que las rayas se mueven a aguas profundas alrededor de Bimini a finales de la primavera, y al finalizar los meses de verano las rayas regresan a aguas someras. En noviembre la mayoría de las rayas habían regresado a zonas costeras. Los autores sugieren que la temperatura es el factor causal. Lo anterior coincide con la variación de las tasas de captura observadas en este estudio y con lo que aseguraron los pescadores, en donde aparentemente las rayas se alejan de la costa en los meses cálidos (a partir de abril) y regresan cuando la temperatura disminuye (alrededor de octubre).

Heithaus et al. (2007), aplicando un modelo similar al del presente estudio (regresión logística-MGL) encontraron que la temperatura del agua predice la probabilidad de capturar algunas especies de elasmobranquios en los cayos de la Florida. La probabilidad de capturar *G. cirratum* y el tiburón limón (*Negaprion brevirostris*) es mayor conforme la temperatura aumenta. Sin embargo, la probabilidad de capturar tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* y cornuda gigante *Sphyrna mokarran* disminuye conforme la temperatura aumenta.

Según los pescadores entrevistados, después de un “norte” la captura aumenta, ya que las rayas, al igual que otras especies de elasmobranquios y teleósteos, tienden a acercarse a la costa, como ocurrió de enero a marzo y en octubre-noviembre del 2009 frente a Seybaplaya. La temporada de “nortes” (octubre a marzo) resultó ser un factor predictor importante en los tres modelos logísticos. No está documentado en la literatura el efecto de los “nortes” en las tasas de captura de alguna especie de elasmobranquios, por lo que un estudio futuro en el que sean utilizadas marcas satelitales se podría generar evidencia sobre la influencia de este factor en el comportamiento de *A. narinari*. Heupel et al. (2003), documentaron cambios en el comportamiento de juveniles de *C. limbatus* como respuesta a un fenómeno meteorológico. Los tiburones se movieron hacia aguas más profundas al aproximarse una tormenta tropical.

Según los pescadores la precipitación, la presencia de sargazo y la bioluminiscencia son factores que influyen en las tasas de captura de la raya o en las operaciones de pesca. En este estudio no se contó con la medición de esas variables para sustentar lo señalado por los pescadores.

La turbidez es considerada como uno de los factores más importantes para la captura de *A. narinari*, dado que la mayoría de los pescadores operan sobre “turbios”, pues aseguran que es donde existe mayor probabilidad de capturarla. La pesca en “turbios” también se realiza en otras regiones de la península de Yucatán. Hueter et al. (2007) seleccionaron sus sitios de colecta basados en la experiencia de los pescadores locales de la laguna de Yalahau en Quintana Roo, México, quienes recomendaron que

para maximizar las capturas del tiburón puntas negras *C. limbatus* las redes debían ser colocadas en los “turbios”.

Los pescadores aseguraron que estos “turbios” son formados en los arenales donde se alimentan tanto las rayas como otras especies de peces, lo cual ha sido documentado por algunos autores. Se conoce que algunos predadores epibentónicos como las rayas crean disturbios físicos al alimentarse en hábitats de fondo blando (Van Blaricom 1982; Cartamil et al. 2003).

La zona costera del centro del Estado de Campeche está compuesta por sedimentos relativamente finos, pero no se cuenta con información sobre las características particulares del fondo de la zona de pesca frente a Seybaplaya ni con evidencia que permita inferir si las rayas u otros procesos físicos estén generando los “turbios”. Para caracterizar los “turbios” y evaluar si efectivamente pueden predecir una mayor probabilidad de captura de *A. narinari* serán necesarios muestreos independientes de la pesca en estudios futuros.

La presencia de *R. bonasus* en la zona de pesca aparentemente fue un problema consistente tanto para la operación pesquera como para la captura de la raya. Se consideran dos posibilidades por las que esta especie no favorezca a la pesquería de la raya: i) factor ecológico y ii) factor pesquero (operacional).

El factor ecológico: según los pescadores cuando *R. bonasus* está presente desplaza a la raya, posiblemente por competencia por espacio o alimento. Algunos

estudios sugirieren que la competencia entre elasmobranquios puede alterar o limitar la abundancia de las especies menos competitiva (Ellis et al. 1996, Dulvy et al. 2000). Faltan estudios sobre el efecto de la exclusión competitiva y la repartición de recursos en elasmobranquios. Para ello son necesarios los estudios sobre dieta y distribución espacial entre las especies potencialmente competidoras, como en el caso de *R. bonasus* y *A. narinari* en esta región.

El factor pesquero (operacional): los pescadores dejan de operar cuando detectan la presencia de grandes cardúmenes de *R. bonasus* en la zona de pesca, porque corren el riesgo de perder sus redes. Se desconoce el estado de la población de esa especie en la región, su estacionalidad o si ha aumentado en los últimos años como algunos pescadores aseguran. No obstante, hay reportes de que algunos elasmobranquios mesoconsumidores aumentaron en las áreas donde las poblaciones de depredadores como los grandes tiburones disminuyeron (Shepherd y Myers 2005; Myers et al. 2007), como la población de *Aetobatus flagellum* en el Noroeste del Pacífico, Japón (Yamaguchi et al. 2005), *R. bonasus* en el noroeste del Atlántico (Myers et al. 2007), y como podría suceder con *R. bonasus* en la región sureste del Golfo de México.

8. CONCLUSIONES

Este es el primer estudio que proporciona información detallada sobre la pesquería, estructura poblacional y tasas de captura de la raya *A. narinari* en el sureste del Golfo de México.

Por medio de las entrevistas realizadas a los pescadores y de las observaciones registradas, se documentó que la pesquería dirigida de *A. narinari* en el Estado de Campeche tiene una historia de al menos 100 años y que es un recurso económica y culturalmente importante en la región.

La pesquería se realiza durante la temporada enero-julio de cada año, en embarcaciones menores. Los pescadores de las localidades de Campeche y Seybaplaya utilizan redes rayeras con hilo de seda y abertura de malla extendida de 30–46 cm. En ambas localidades realizan un lance por día con la red anclada al fondo en Seybaplaya y de deriva en superficie en Campeche.

La distribución del esfuerzo fue diferente entre los pescadores de las dos localidades en: a) distancia de la costa y la extensión de la zona de pesca, lo que influyó en la distribución de tallas y proporción de sexos de las rayas capturadas, b) la duración de los viajes de pesca, y c) la operación de la red en la columna de agua.

A partir de la distribución de tallas, proporción de sexos y de estadios ontogénicos, se determinó que la estructura poblacional de *A. narinari* es diferente entre

la zona de pesca frente a Campeche (30–50 km de la costa) y frente a Seybaplaya (8–15 km de la costa), por lo que se sugiere que existe una segregación espacial y temporal por tallas y por sexo de esta especie en la costa central del Estado de Campeche.

La captura frente a la localidad de Campeche estuvo compuesta principalmente por rayas grandes (hembras de 1313 ± 300 mm AD y machos de 1150 ± 152 mm AD), predominando machos, principalmente adultos y las hembras juveniles. Mientras que frente a Seybaplaya por pequeñas y medianas (hembras de 897 ± 215 mm AD y 970 ± 183 mm AD), predominando hembras y juveniles de ambos sexos.

Las operaciones de pesca de la embarcación de la localidad de Campeche estuvieron influidas por el ciclo lunar y para las tres embarcaciones de Seybaplaya por la velocidad del viento.

El número total de rayas *A. narinari* registradas en Campeche fue de 195 en 30 lances, resultando una tasa de captura de 6.6 ± 4.9 rayas por lance, mientras que en Seybaplaya se registró un total de 701 rayas en 250 lances, con una tasa de captura de 3.0 ± 2.9 rayas por lance.

La probabilidad de capturar al menos 1 y 3 rayas durante la temporada de pesca (febrero-julio) en Seybaplaya fue predicha por la identidad del pescador y la temporada de “nortes”. Mientras que la temporada de “nortes”, la temperatura superficial del mar y su interacción influyó en la captura de al menos 5 rayas. La temporada de “nortes” fue

el único factor que fue significativo en los tres casos, donde la probabilidad de capturar raya es mayor durante la temporada que fuera de ella.

La cantidad de rayas capturadas frente a Seybaplaya fue diferente de acuerdo con la identidad del pescador, la temporada de “nortes” y la temperatura superficial del mar. El pescador 4 fue el que obtuvo una mayor tasa de captura (4.3 ± 3.6 rayas por lance), y las mejores capturas se realizaron durante la temporada de “nortes” (5.8 ± 3.7 rayas por lance) y a 23°C (6.3 ± 2.7 rayas por lance).

9. LITERATURA CITADA

- Arce-Ibarra, A.M. y A.T. Charles. 2008. Inland fisheries of the Mayan Zone in Quintana Roo, Mexico: Using a combined approach to fishery assessment for data-sparse fisheries. *Fisheries Research*. 91: 151–159.
- Baqueiro-Cárdenas, E., M. Medina-Martínez y L. Ramírez. 1999. Conch fishery of Campeche. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. 45: 982–993.
- Bigelow, H. y W. Schroeder. 1953. *Fishes of the Western North Atlantic. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays*. Sears foundation for marine research, Yale University. No. 1, parte 2. 588 p.
- Bigelow, K.A., C.H. Boggs y X. He. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery. *Fisheries Oceanography*. 8: 178–198.
- Bizzarro J.J., W.D. Smith, J.F. Márquez-Farías y R.E. Hueter. 2007a. Artisanal fisheries and reproductive biology of the golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Evermann and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. *Fisheries Research*. 84: 137–146.
- Bizzarro, J.J., W.D. Smith, R.E. Hueter, J. Tyminski, J.F. Márquez-Farías, J.L. Castillo-Géniz, G.M. Cailliet y C.J. Villavicencio-Garayzar. 2007b. The status of shark and ray fisheries resources in the Gulf of California: applied research to improve management and conservation. Moss Landing Marine Laboratories Technical Publications. 2009-01.

- Bizzarro, J.J., W.D. Smith, J.L. Castillo-Géniz, A. Ocampo-Torres, J.F. Márquez-Farías y R.E. Hueter. 2009a. The seasonal importance of small coastal sharks and rays in the artisanal elasmobranch fishery of Sinaloa, Mexico. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 4(4): 513–531.
- Bizzarro, J.J., W.D. Smith, J.F. Márquez-Farías, J. Tyminskiy y R.E. Hueter. 2009b. Temporal variation in the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, Mexico. *Fisheries Research* 97: 103–117.
- Boicourt, W.C., W.J. Wiseman Jr., A. Valle-Levinson y L.P. Atkinson. 1998. Continental shelf of the southeastern United States and the Gulf of Mexico: in the shadow of the western boundary current. En: Robinson, A.R. y K.H. Brink (Eds.). *The Sea. The Global Coastal Ocean. Regional Studies and Syntheses*. Wiley, New York, pp. 135–181.
- Bonfíl, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. *FAO Technical Paper No. 341*.
- Brander, K. 1981. Disappearance of common skate *Raia batis* from the Irish Sea. *Nature*. 290: 48–49.
- Camhi, M., S.L. Fowler, J.A. Musick, A. Bräutigam y S.V. Fordham. 1998. *Sharks and their Relatives – Ecology and Conservation*. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 39 pp.
- Cartamil, D.P., J.J. Vaudo, C.G. Lowe, B.M. Wetherbee y K.M. Holland. 2003. Diel movement patterns of the Hawaiian stingray, *Dasyatis lata*: implications for ecological interactions between sympatric elasmobranch species. *Marine Biology* 142: 841–847.

- Casey, J.M. y R.A. Myers. 1998. Near extinction of a large, widely distributed fish. *Science*. 281: 690-691.
- Castro-Aguirre, J.L. 1965. Aprovechamiento de tiburones y rayas en México. *Inst. Nal. Invest. Biol. Pesq. Trabajos de divulgación*. No. 96. Vol. X. 15 p.
- Clark, E. y K. von Schmidt. 1965. Sharks of the central gulf coast of Florida. *Bulletin of Marine Science*. 15:13–83.
- Collins, J.J. 1979. Relative efficiency of multifilament and monofilament nylon gillnet towards lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) in Lake Huron. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 36: 1180–1185.
- CNA, Gerencia Estatal Campeche, 2004. Precipitación máxima en un periodo de una hora (1970-2004): Observatorio Meteorológico de Campeche.
- Compagno, L.J.V. 1990. Shark exploitation and conservation. p. 391-414. En: *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*. H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber, y T. Taniuchi (Eds.). National Oceanic and Atmospheric Administration, Technical Report, National Marine Fisheries Service 90.
- Compagno, L.J.V. y S.F. Cook. 1995. The exploitation and conservation of freshwater elasmobranchs: status of taxa and prospects for the future. En: *The Biology of Freshwater Elasmobranchs*. Oetinger, M.I., y Zorzi, G.D. (Eds.). A Symposium to Honor Thomas B. Thorson. *Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences*. 7, 62–90.
- Devadoss, P. 1984. On the incidental fishery of skates and rays off Calicut. *Indian Journal of Fisheries*. 31 (2): 285–292.

- Dewar, H., P. Mous, M. Domeier, A. Muljadi, J. Pet y J. Whitty. 2008. Movements and site fidelity of the giant manta ray, *Manta birostris*, in the Komodo Marine Park, Indonesia. *Marine Biology*. 155: 121–133.
- Di Natale, A. y A. Mangano. 1995. Moon phases influence on CPUE: a first analysis of swordfish driftnet catch data from the Italian fleet between 1990 and 1991. *Collective Volume of Scientifics Papers. ICCAT*. 44: 264–267.
- Dubick, J. 2000. Age and growth of the spotted Eagle ray, *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1790), from southwest Puerto Rico with notes on its biology and life history. Tesis de Maestría. Universidad de Puerto Rico, Campus Mayaguez. 79 pp.
- Dulvy, N.K., J.D. Metcalfe, J. Glanville, M.G. Pawson y J.D. Reynolds. 2000. Fishery stability, local extinctions, and shifts in community structure in skates. *Conservation Biology*. 14(1): 283–293.
- Ellis, J.R., M.G. Pawson y S.E. Shackley. 1996. The comparative feeding ecology of six species of shark and four species of ray (Elasmobranchii) in the North-East Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 76:89–106.
- Gío-Argaez, F.R., M.L. Machain-Castillo y A. Gaytan Caballero. 2002. Los ostrácodos de la Zona Económica Exclusiva de México Parte I. La Bahía de Campeche. *Jaina en línea*. Vol. 13, No. 1. pp. 1–11.
- Gudger, E.W. 1914. History of the spotted eagle ray, *Aetobatus narinari*, together with a study of its external structures. pp. 241–323. En: *Papers from the Tortugas*

- Laboratory of the Carnegie Institution of Washington. Mayer, A.G. (Ed).
Publicación 183. New Era Printing Company Lancaster, Pa.
- Heithaus, M.R. 2001. The biology of tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*, in Shark Bay, Western Australia: sex ratio, size distribution, diet, and seasonal changes in catch rates. *Environmental Biology of Fishes*. 61: 25–36.
- Heithaus, M.R. 2004. Predator-prey interactions. En: *The biology of sharks and their relatives*. J.C. Carrier, J. Musick y M.R. Heithaus (Eds.). CRC Press, Boca Raton, Fla. pp. 487–521.
- Heithaus, M.R. 2007. Nursery areas as essential shark habitat: a theoretical perspective. En: *Shark nursery grounds of the Gulf of Mexico and the East Coast waters of the United States*. C.T. McCandless, N.E. Kohler y H.L. Pratt, Jr. (Eds.). *American Fisheries Society Symposium*. 50: 3–13.
- Heithaus, M.R., D. Burkholder, R.E. Hueter, L.I. Heithaus, H.L. Pratt y J.C. Carrier. 2007. Spatial and temporal variation in shark communities of the lower Florida Keys and evidence for historical population declines. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 64:1302–1313.
- Heithaus, M.R., B.K. Bryan, A.J. Wirsing y M.M. Dunphy-Daly. 2009. Physical factors influencing the distribution of a top predator in a subtropical oligotrophic estuary. *Limnology Oceanography*. 54(2): 472–482.
- Hernández-Arana, H.A., A.A. Rowden, M.J. Attrill, R.M. Warwick y G. Gold-Bouchot. 2003. Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 58: 825–841.

- Hernández-Carballo, A. 1965. Resumen de las investigaciones sobre elasmobranquios de la República Mexicana. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. Trabajos de divulgación. No. 97. Vol. X. 9 p.
- Heupel, M.R. y R.E. Hueter. 2002. The importance of prey density in relation to the movement patterns of juvenile sharks within a coastal nursery area. *Marine and Freshwater Research*. 53: 543–550.
- Heupel, M.R., C.A. Simpfendorfer y R.E. Hueter. 2003. Running before the storm: blacktip sharks respond to falling batometric pressure associated with Tropical Storm Gabrielle. *Journal of Fish Biology*. 63: 1357–1363.
- Hilborn, 1985. Fleet dynamics and individual variation: why some people catch more fish than others. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 42: 213.
- Hopkins, T.E. y J.J. Cech. 2003. The influence of environmental variables on the distribution and abundance of three elasmobranchs in Tomales Bay, California. *Environmental Biology of Fishes*. 66: 279–291.
- Hueter, R.E., J.L. Castillo-Géniz, J.F. Márquez-Farias y J.P. Tyminski. 2007. The use of laguna Yalahau, Quintana Roo, Mexico as a primary nursery for the blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*). En: Shark nursery grounds of the Gulf of Mexico and the East coast waters of the United States. C.T. McCandless, N.E. Kohler, y H.L. Pratt Jr. (Eds.). *American Fisheries Society Symposium*. 50: 345–364.
- Kyne, P.M., H. Ishihara, S.F.J. Dudley y W.T. White. 2006. *Aetobatus narinari*. En: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2009. <www.iucnredlist.org/>. Consultado el 08 febrero 2010.

- Licea, S. y R. Luna. 1999. Spatio-Temporal variation of phytoplankton on the continental margin in the SW Gulf of Mexico. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Vol 49.
- Lowry, M., D. Williams y Y. Metti. 2007. Lunar landings - Relationship between lunar phase and catch rates for an Australian gamefish-tournament fishery. *Fisheries Research*. 88:15–23.
- Márquez-Farias, J.F. 2005. Gillnet Mesh Selectivity for the Shovelnose Guitarfish (*Rhinobatos productus*) from Fishery-Dependent Data in the Artisanal Ray Fishery of the Gulf of California, Mexico. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 35: 443–452.
- Matern, S.A., J.J. Cech y T.E. Hopkins. 2000. Diel movements of bat rays, *Myliobatis californica*, in Tomales Bay, California: evidence for behavioral thermoregulation?. *Environmental Biology of Fishes*. 58: 173–182.
- Musick, J.A., G. Burgess, G. Cailliet, M. Camhi, y S. Fordham. 2000. Management of sharks and their relatives (Elasmobranchii). *Fisheries*. 25(3): 9-13.
- Myers, R.A., J.K. Baum, T.D. Shepherd, S.P. Powers y C.H. Peterson. 2007. Cascading Effects of the Loss of Apex Predatory Sharks from a Coastal Ocean. *Science*. 315: 1846–1850.
- McEachran, J.D. y M.R. de Carvalho. 2002. Batoid Fishes. En: Carpenter, K.E. (Ed.), *FAO species identification guide for fishery purposes and American society of ichthyologists and herpetologists special publication. The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Vol. 1. Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. FAO, Rome, Italy, pp. 578–585.

- Megalofonou, P., D. Damalas, M. Deflorio y G. De Metrio. 2009. Modeling environmental, spatial, temporal, and operational effects on blue shark by-catches in the Mediterranean long-line fishery. *Journal of Applied Ichthyology*. 1–9.
- Monreal-Gómez, M.A., D.A. Salas de León, A.R. Padilla-Pilotze y M.A. Alatorre-Mendieta. 1992. Hydrography and estimation of density currents in the southern part of the Bay of Campeche, Mexico. *Ciencias Marinas* 18 (4): 115–133.
- Nava-Fuentes, J.C. 2009. Diagnóstico para el manejo costero integrado para el saneamiento de la zona costera de la Ciudad de San Francisco de Campeche. Tesis de Maestría, Centro EPOMEX, Campeche. 187 p.
- Neer, J.A., A.R. Kenneth y E. Cortés. 2007. Simulating the effects of temperature on individual and population growth of *Rhinoptera bonasus*: a coupled bioenergetics and matrix modeling approach. *Marine Ecology Progress Series*. 329: 211–223.
- Palacio-Aponte, A., R. Silva-Casarín, E. Bautista Godínez, G. Posada-Venegas y G. Ruiz-Martínez. 2006. Atlas de peligros naturales a nivel ciudad. Campeche, Campeche. Universidad Autónoma de Campeche, H. Ayuntamiento del Municipio de Campeche. 120 p.
- Poder Ejecutivo Federal. 2007. NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas, Especificaciones para su aprovechamiento. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de Febrero del 2007. Ciudad de México.
- Quero, J.C. 1998. Changes in the Euro-Atlantic fish species composition resulting from fishing and ocean warming. *Italian Journal of Zoology*. 65: 1, 493–499.

- Richards, V.P., M. Henning, W. Witzell y M.S. Shivji. 2009. Species delineation and evolutionary history of the globally distributed spotted eagle ray (*Aetobatus narinari*). *Journal of Heredity*. 1-11.
- Salas, S. y D. Gaertner 2004. The behavioural dynamics of fishers: management implications. *FISH and FISHERIES*. 5: 153–167.
- Salas de León, D.A., M.A. Monreal-Gómez y J. Aldeco-Ramírez. 1992. Periodos característicos en las oscilaciones de parámetros meteorológicos en Cayo Arcas, México. *Atmósfera*. 5: 193–205.
- Shepherd, T.D. y R.A. Myers. 2005. Direct and indirect fishery effects on small coastal elasmobranchs in the northern Gulf of Mexico. *Ecology Letters*. 8: 1095–1104.
- Silliman, W. y S. Gruber. 1999. Behavioral biology of the spotted eagle ray, *Aetobatus narinari*. *Bahamas Journal of Science*. 7: 13–20.
- Simpendorfer, C.A. 2000. Predicting population recovery rates for endangered western Atlantic sawfishes using demographic analysis. *Environmental Biology of Fishes*. 58: 371–377.
- Sims, D.W. 2005. Differences in habitat selection and reproductive strategies of male and female sharks. En: *Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the Two Sexes*. K.E. Ruckstuhl y P. Neuhaus (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 127–147.
- Smith, W.D., J.J. Bizzarro y G.M. Cailliet. 2009. The artisanal elasmobranch fishery on the east coast of Baja California, Mexico: Characteristics and management considerations. *Ciencias Marinas*. 35(2): 209–236.

- Springer, S. 1967. Social organization of shark populations. Capitulo 9. En: Sharks, Skates, and Rays. Gilbert, P.W., R.F. Mathewson y D.P. Rall (Eds.). The Johns Hopkins Press. U.S.A. pp. 149-172.
- Thorson, T.B. 1982. The impact of commercial exploitation on sawfish and shark populations in Lake Nicaragua. Fisheries. 7 (2): 2–10.
- Van Blaricom, G.R. 1982. Experimental analysis of structural regulation in a marine sand community exposed to oceanic swell. Ecological Monographs. 52: 283–305.
- Vaudo, J.J. y M.R. Heithaus. 2009. Spatiotemporal variability in a sandflat elasmobranch fauna in Shark Bay, Australia. Marine Biology. 156: 2579–2590.
- Vidal, V.M.V., F.V. Vidal, A.F. Hernández, E. Meza y L. Zambrano. 1994. Winter water mass distributions in the western Gulf of Mexico affected by a colliding anticyclonic ring. Journal of Oceanography. 50: 559–588.
- Walker, P., G. Howlett y R. Millner. 1997. Distribution, movement and stock structure of three ray species in the North Sea and eastern English Channel. ICES. Journal of Marine Science. 54: 797–808.
- White, W.T, P.R. Last, J.D. Stevens, G.K. Yearsley, Fahmi y Dharmadi. 2006. Economically important sharks and rays of Indonesia. Australian Centre for International Agricultural Research. Lamb Print, Perth, Western Australia.
- White, W.T. y Dharmadi. 2007. Species and size compositions and reproductive biology of rays (Chondrichthyes, Batoidea) caught in target and non-target fisheries in eastern Indonesia. Journal of Fish Biology. 70: 1809–1837.
- Yamaguchi, A., I. Kawahara y S. Ito. 2005. Occurrence, growth and food of longheaded eagle ray, *Aetobatus flagellum*, in Ariake Sound, Kyushu, Japan. Environmental Biology of Fishes. 74: 229–238.

Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. Segunda Edición. Prentice-Hall, Inc. 718 p.

ANEXO I

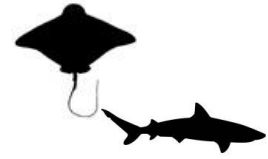


EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

UNIDAD CAMPECHE

AREA DE PRODUCCION ALTERNATIVA

LABORATORIO DE PESQUERIAS ARTESANALES DE ELASMOBRANQUIOS



ENCUESTA SOCIOECONÓMICA DE LA PESQUERÍA DE LA RAYA A.

narianari EN EL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Fecha: ____/____/2009 Encuestador: _____ No. de encuesta: ____

Localidad: _____ Municipio: _____

Estado: _____

Pescador: _____

Edad: _____

Nombre de lancha que opera: _____

1. Captura raya de manera:

1.1 ____ Dirigida

1.2 ____ Incidental.

Especie objetivo:

2. Características del equipo de pesca.

2.1 Arte de pesca (red rayera, tiburonera, palangre)	2.2 Abertura de malla / no. de anzuelos	2.3 Como operan la red 1. Superficie 2. Media agua 3. Profunda	2.4 De deriva (gareteada) o anclada	2.5 Tamaño del equipo (largo y ancho)	2.6 Tipo de material

Observaciones:

3. Características de la embarcación.

3.1 Tipo de embarcación	3.2 Potencia del motor (CF)	3.3 Tamaño	3.4 Modificaciones

Observaciones:

4. Costos de operación y ganancia.

4.1 ¿A quién le vende la raya que captura?

4.2 ¿De qué manera le pagan las rayas (pieza o kg)?

4.3 ¿Cuánto le pagan/pagaban a Usted por el producto?

5. Jornada de trabajo.

5.1 ¿Cuántas personas intervienen en una jornada?	5.2 ¿Cuánto tiempo dura un viaje de pesca?	5.3 ¿Cuántos lances realiza en un viaje de pesca?	5.4 Cuántos viajes realiza en promedio por semana?

Observaciones:

6. Temporadas y zonas de pesca.

6.1 Usted captura raya todo el año? Si es NO, porque razón?

_____ No hay raya

_____ Se dedica a otro recurso

6.2 Cuáles son los meses en los que captura más raya (tachar los meses)?

_____ Enero, _____ Febrero, _____ Marzo, _____ Abril, _____ Mayo, _____ Junio, _____ Julio,

_____ Agosto, _____ Septiembre, _____ Octubre, _____ Noviembre, _____ Diciembre

6.3 El tamaño de los organismos varía en cada temporada (1=SI, 2=NO)?

6.4 Qué tallas son más comunes (1=Chicas, 2=Medianas, 3=Masanes)?

6.5 Zonas de pesca

Millas _____

Brazas _____

Coordenadas _____

6.6 Si es en varias zonas, el tamaño de los organismos capturados varía en cada zona (1=SI, 2=NO)?

6.7 Qué es lo que toma en cuenta para salir a pescar y para elegir la zona de pesca?

6.8 Qué otras especies salen cuando captura raya?

7. Indicadores históricos de la pesquería de la raya.

7.1 Cuántos años lleva como pescador de raya?

7.2 El equipo de pesca que utilizan ha cambiado con el que se usaba antes? (1=SI, 2=NO)

7.3 Durante el tiempo que lleva pescando raya ha notado que la captura ha disminuido? (1=SI, 2=NO)

Si la respuesta fue afirmativa:

7.3.1 Por qué cree Usted que ha disminuido la pesca?

7.3.2 Cuánto captura ahora y cuánto capturaba antes (no. de rayas)?

Buena captura:

Antes _____ Ahora _____

Mala captura:

Antes _____ Ahora _____

7.3.3 Le ha afectado esta situación a Usted como pescador? (1=SI, 2=NO)

7.4 Recuerda algún año en particular donde las capturas hayan sido muy abundantes?

7.5 Cree que este año (2009), comparado con los anteriores, la captura ha sido:

Menor _____, Igual _____, Mayor _____

7.6 Desde su percepción, cuál de estos factores influye positiva o negativamente para la captura de raya y de qué manera?

____ Chucha:

____ Luna (claro):

____ Turbidez:

____ Precipitación:

____ Los "nortes":

____ Basura (sargazo):

____ Temperatura:

____ Otros:

Otras observaciones:

ANEXO II

Population structure and catch rates of spotted eagle rays (*Aetobatus narinari*) in a southeastern Gulf of Mexico target fishery

Elizabeth Cuevas-Zimbrón*, Juan Carlos Pérez-Jiménez, Iván Méndez-Loeza

Laboratorio de Pesquerías Artesanales, Departamento de Aprovechamiento y Manejo de Recursos Acuáticos, ECOSUR, Calle 10 No.264, Col. Centro, C.P. 24000, Campeche, México.

*Corresponding author. Tel.: +52 981 8164221; fax: +52 981 816 59 78.

E-mail address: ecuevas@ecosur.mx (E. Cuevas-Zimbrón).

ABSTRACT

Little is known about the batoid fisheries in Mexican waters of the Gulf of Mexico, which has hindered management measures. This includes the spotted eagle ray (*Aetobatus narinari*) fishery of southeastern Gulf of Mexico. From January to July 2009 (the entire season for the spotted eagle ray fishery), daily landings of *A. narinari* from four artisanal boats at two fishing localities (Campeche and Seybaplaya) were sampled and fishermen were interviewed. Rays (1204 mm DW \pm 225.3) caught off Campeche (30–50 km from the shore) were larger than rays (924 mm DW \pm 206.5) caught off Seybaplaya (8–10 km from the shore). Rays catches were male-biased off Campeche and female-biased off Seybaplaya. Fishermen from the two localities (separated by 30 km in the coastline) varied in: a) the distance from the shore that they fished, b) the duration of fishing trips

and fishing sets, and c) operation of the gillnet in the water column (drift versus bottom-fixed). Catch rate off Campeche (one fisherman) was 6.6 (\pm 4.9) rays per set from January to April and off Seybaplaya (three fishermen) was 3.0 (\pm 2.9) rays per set from February to July. Fishing operation was predicted by the lunar cycle and wind velocity for one and three fishermen, respectively. Catch rates off Seybaplaya were predicted by the fisherman identity, the north wind season, sea surface temperature (SST) and by the interaction north wind season*SST. The number of rays caught was significantly different according to fishermen, north wind season and SST. This study shows that fishermen perceptions, preferences and experience influence on the catch rate, size distribution and sex ratio, and that these elements must be considered in future studies on elasmobranch fisheries.

Keywords: spotted eagle ray, size distribution, sex ratio, ontogenetic stages, catch predictions

1. Introduction

The spotted eagle ray (*Aetobatus narinari*) is a medium-sized ray (230 cm disc width), distributed in tropical and warm-temperate coastal areas of all oceans. In western Atlantic is distributed from North Carolina to southern Brazil, including the Gulf of Mexico. It is usually found in coastal surface waters, either alone or in large schools (McEachran and de Carvalho, 2002). Low reproductive rates combined with intense exploitation has led to the spotted eagle ray being listed as globally near threatened by the International Union for Conservation of Nature (Kyne et al., 2006).

Mexican fisheries for elasmobranchs are managed by the Mexican Official Standard NOM-029-PESC-2006, Responsible Fisheries of Sharks and Rays, Specifications for

their Use (Poder Ejecutivo Federal, 2007). However, in the Gulf of Mexico, the fishery is poorly documented and management is insufficient. In the coast of Campeche, southeastern Gulf of Mexico, the spotted eagle ray is targeted by an artisanal fleet (around 22 small boats), and is the second most commonly landed batoid species after the southern stingray (*Dasyatis americana*). The fleet landed 40.6 ± 21.5 tons per year in the period 1998–2008 (statistics from SAGARPA Campeche, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). More detailed information on this fishery – including catch rates and the environmental factors that influence them, population structure and the behavior of fishermen who target spotted eagle rays – is not available. Also, the study of fishing effort allocation is essential to understand and manage fishermen (Hilborn, 1985).

The objectives of this study were to describe the spotted eagle ray fishery, including the behavior of fishers, and compare the population structure between two fishing areas in southeastern Gulf of Mexico. Also, we investigated the influences of wind velocity and lunar cycle on fishing operations of artisanal boats that target this species, and the influences of fisherman identity, sea surface temperature, lunar cycle, tidal amplitude and north wind season on catch rates.

2. Materials and methods

2.1. Description of the fishery

A total of 10 fishermen, with 10–60 years of experience fishing for spotted eagle rays, were interviewed in coastal localities of the state of Campeche, México (Fig. 1). Other 12 fishermen who targeted spotted eagle rays reject the interview and indicated that the information they would provide us were going to be similar to that provided by the

interviewed fishermen. Fishermen were asked about their perception of the historical status of the fishery, fishing effort, gear characteristics, seasonality of catches, commercialization, and about the factors that influence on fishing operations and catch rates of the spotted eagle ray.

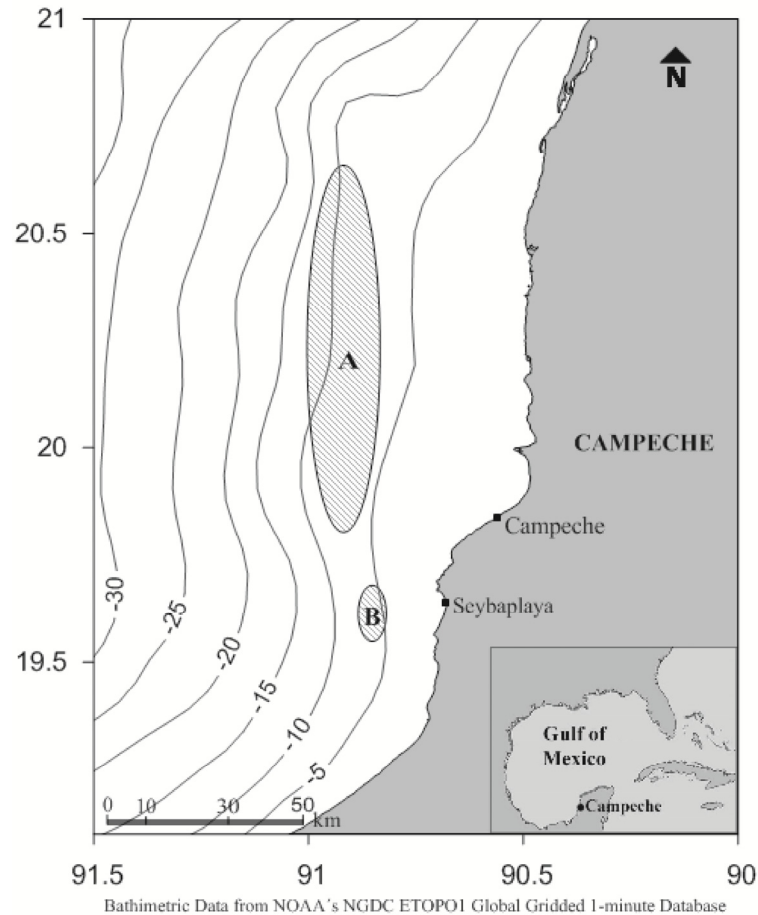


Fig. 1. Fishing areas for the spotted eagle ray off Campeche (A) and off Seybaplaya (B) in southeastern Gulf of Mexico.

2.2. Population structure

Rays were provided by one fisherman who fished a wide area in front of and northeast the locality of Campeche 30–50 km from the shore at 8–12 m depth (Fig. 1).

Other three fishermen monitored fished in a narrow area in front of the locality of Seybaplaya 8–15 km from the shore at 6–8 m depth (Fig. 1). At both locations, the spotted eagle ray fishery season extends from January to July every year, however, in 2009 fisherman from Campeche target this species only from January to April, and fishermen from Seybaplaya from February to July. Fishermen from both locations target the octopus (*Octopus maya*) from August to December of every year. The octopus is the most profitable fishing resource from the southeastern Gulf of Mexico.

Disc width (DW) was measured between tips of the widest portion of the pectoral fins (McEachran and de Carvalho, 2002). Sex and maturity was assessed macroscopically for males and females, which were assigned to one of two ontogenetic stages: juvenile or adult. The calcification of claspers was the criterion used to determine maturity for males following Clark and von Schmidt (1965).

The first ovulation was the criterion used to determine maturity for females. The diameter of oocytes of the largest cohort and the left uterus width were measured. In uterus, the length and vascularisation of trophonemata were recorded and the uterus was examined to determine if embryos or uterine eggs or uterine milk (suggesting recent parturition or abortion) were present.

Because there were no differences between the disc width of rays caught by the three fishermen from Seybaplaya ($F = 0.67$, $P = 0.51$), their data were grouped. We used an ANOVA procedure to test for size differences between fishing areas. The model included fishing area (off Campeche and off Seybaplaya), month (February-April, period in which fishermen from both locations operated), sex and all possible interactions. Another ANOVA procedure was made to test for size differences between sex and

month in each locality (January-April for Campeche and February-July for Seybaplaya) and the interaction sex*month. To test for differences in sex ratio per set we used the chi-square X^2 procedure (Zar, 1984).

2.3. Catch rates

The four fishing boats were monitored daily to determine catch rates. The fishing boat from Campeche made 30 fishing sets during 16 fishing trips, and the three fishing boats from Seybaplaya carried out 250 fishing sets in the same number of fishing trips.

We used logistic regression to determine the influences of wind velocity and lunar cycle on the probability that fishing boats from both localities operate. Also, to determine the influences of fisherman identity and environmental factors (sea surface temperature, north wind season, lunar cycle, and tidal amplitude) and all two-way interactions on the probability that a gillnet set captured at least one, at least three and at least five spotted eagle rays off Seybaplaya. We do not include in the model the fisherman from Campeche because of its reduced fishery season (January-April). Following Heithaus et al. (2007), final models were determined using a backwards stepping procedure; and nonsignificant ($P > 0.10$) interactions were removed first, followed by nonsignificant ($P > 0.10$) main effects.

Two ANOVA procedures were made to test for differences in the number of rays in sets that caught at least one ray off Seybaplaya. The factors included in a factorial model were fisherman identity, north wind season and lunar cycle, and sea surface temperature was included in a one-way model. We could not include the sea surface temperature in the factorial model because its levels were not crossed with all levels of

the other factors. The data of number of rays were transformed to square root for the analysis.

Records of wind velocity (km/h) were provided by the National Meteorological Service of Mexico. The lunar cycle and tidal amplitude (m) were determined by using the tidal prediction tables provided by the Mexican Navy, from the station of Campeche. The sea surface temperature (°C) was obtained from the Environmental Research Division (Southwest Fisheries Science Center, NOAA). From January to July 2009, the range of wind velocity was 1.9–20.9 km/h, the tidal amplitude was 0.08–1.56 m and the sea surface temperature was 23.9–28.7 °C. The north wind season is characterized by strong winds with north to south direction over the Gulf of Mexico (Palacio-Aponte et al. 2006). The north wind season was from October 2008 to March 2009 according to the National Meteorological Service of Mexico. This way, the fishery season of the spotted eagle ray was divided in two periods: a) north wind season from January to March, and b) out of north wind season from April to July. For all results (e.g. size, catch rate), standard deviation is reported along with mean values.

3. Results

3.1. Description of the fishery

The spotted eagle ray fishery began at least 100 years ago in the state of Campeche. A fisherman 70 years old is the third generation in the fishery, and mentioned that about 40 years ago he used harpoon to target rays in a small wooden sailing boat. The spotted eagle ray is commercialized fresh, and dried salted for local consumption.

Fishermen have noted diminution of catches close to the shore. More than 10 years ago catch rates were from 20 to 60 rays per set according to fishermen. Currently,

fishermen considered 8–15 rays per set as a good catch. From January to July 2009, the highest catches off Campeche and off Seybaplaya were 17 and 22 rays per set, respectively.

According to interviewed fishermen, catches of spotted eagle rays have diminished because of 1) the increase of the fishing effort for all species, 2) overexploitation of this species, 3) overexploitation of some of its supposed main food (mollusks: west Indian chank *Turbinella angulata*, perverse whelk *Busycon perversum*, fighting conch *Strombus pugilis* and milk conch *Strombus costatus*), 4) increases in the population of cownose rays (*Rhinoptera bonasus*) and resulting competition for food and space, and 5) by-catch in trawler nets (shrimp fishery). According to fishermen the presence of *R. bonasus* in the fishing area was often associated to low catch rates or the null catch of the spotted eagle ray.

Fishermen monitored to determine population structure and catch rates of eagle rays used small boats (7–7.6 m length). The fisherman from Campeche operated at 30–50 km from shore, made trips of 1–3 days, set for 12 hours during the night, and fished with 30.5 cm stretched mesh drift nets. In contrast, the three fishermen from Seybaplaya operated at 8–15 km, made one day trips, set for 19 hours, and fished with 36.5 cm stretched mesh nets bottom-fixed.

By-catch elasmobranchs in the spotted eagle ray fishery were: *R. bonasus* (very common), *D. americana* (common), Caribbean whiptail stingray (*Himantura schmardae*, occasional), bull shark *Carcharhinus leucas* (occasional), nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*, rare), Atlantic sharpnose shark (*Rhizoprionodon terranovae*, rare), and bonnethead shark (*Sphyrna tiburo*, rare).

3.3. *Population structure*

A total of 761 rays, 85% of the total recorded, were measured. The range size for females landed in Campeche was 580–1860 mm DW and for males 745–1500 mm DW (Fig. 2a). The range size for females landed in Seybaplaya was 540–2020 mm DW and for males 440–1300 mm DW (Fig. 2b). The range size of maturity for males was 1070–1280 mm DW. The smallest adult female had 1550 mm DW. No juveniles larger than 1550 mm DW were recorded. In March, a unique pregnant female (2020 mm DW) was recorded in this study, containing four embryos (155–168 mm DW).

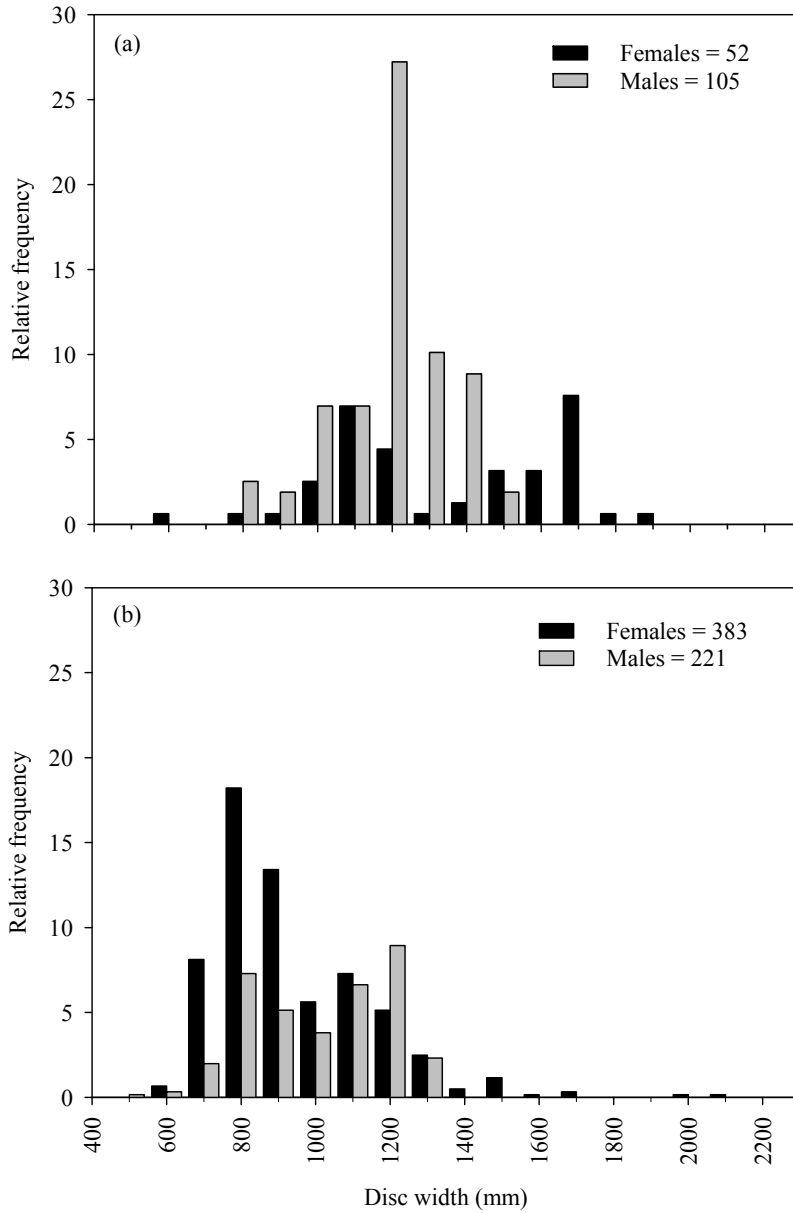


Fig. 2. Size distribution of the spotted eagle rays: (a) off Campeche ($n = 157$) and (b) off Seybaplaya ($n = 604$).

The size of the spotted eagle rays, in the period February-April, was significantly different between fishing areas ($F = 114.5$, $P < 0.0001$) and in the interaction fishing area*sex ($F = 27.1$, $P < 0.0001$). Rays caught off Campeche ($1220.6 \text{ mm DW} \pm 235.7$)

were significantly larger than those caught off Seybaplaya (937.4 mm DW \pm 238.7). Females (1339 mm DW \pm 290) off Campeche were larger than males (1146 mm DW \pm 163) of the same fishing area, and than males (997 mm DW \pm 184) and females (903 mm DW \pm 254) off Seybaplaya. Also, males off Seybaplaya were larger than females of the same fishing area.

The size of the rays captured off Campeche (January-April) and off Seybaplaya (February-July) was significantly different between months and sex (Table 1). In the fishing area off Campeche, females (mean 1313 mm DW \pm 300) were larger than males (mean 1150 mm DW \pm 152), and rays recorded in April were larger than rays recorded in January and February (Fig 3). Ray catches were male-biased (105 and 52 females), with a ratio 0.5:1 female to male, which was significantly different from the 1:1 ratio ($\chi^2_{0.05,1} = 36.8$, $P < 0.001$). The proportion of individuals that were adult varied between sexes. Most of males were adults (71, and 34 juveniles) while most of females were juveniles (36, and 16 adults).

Table 1. Summary of the ANOVA procedure to test for differences on the size of spotted eagle rays caught off Campeche (January-April) and off Seybaplaya (February-July).

<i>Factors</i>	F	P
Campeche		
Month	4.1	0.01
Sex	8.3	<0.05
Seybaplaya		
Month	3.11	0.01
Sex	14.28	<0.001

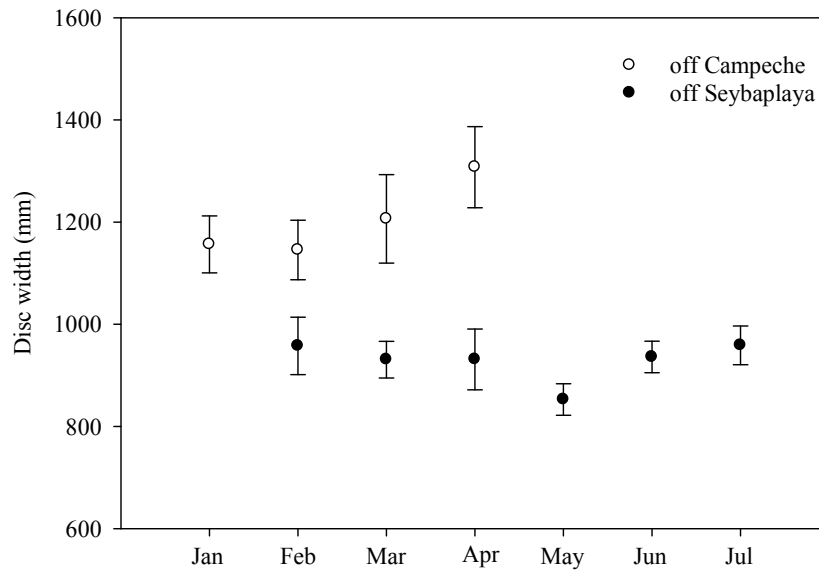


Fig. 3. Monthly mean disc width of the spotted eagle rays off Campeche and off Seybaplaya (mean \pm 95% confidence).

In the fishing area off Seybaplaya, females (mean 897 mm DW \pm 215) were smaller than males (mean 970 mm DW \pm 183), and rays recorded in May were smaller than rays recorded in February, June and July (Fig. 3). Ray catches were female-biased (383 and 221 males), with a ratio 1:0.6 female to male different from the 1:1 ratio ($\chi^2_{0.05,1} = 541.4$, $P < 0.0001$). Most of the rays of both sexes were juveniles (188 and 32 adult males, and 378 and 5 adult females).

3.3. Catch rates

A total of 195 spotted eagle rays were caught in 30 sets (6.6 ± 4.9 rays per set) off Campeche (Fig. 4a). The highest catches were recorded in January (7.8 ± 2.9 rays per set). Catches in February, March and April resulted of 5.8 ± 2.0 , 6.6 ± 7.2 and 6.2 ± 7.5 rays per set, respectively. Fisherman made eight sets per month, except in April whit six.

In the fishing area off Seybaplaya a total of 701 spotted eagle rays were recorded in 250 sets (3.0 ± 2.9 rays per set) made by three fishermen (Fig. 4b,c,d). The highest catches (7.6 ± 4.4 rays per set) and the lowest number of sets ($n = 14$) were recorded in February. The second largest catch rate was recorded in March (5.3 ± 3.3 rays per set) with 43 sets. Lowest catch rates were recorded in June and July (1.9 ± 1.9 and 1.4 ± 1.1 rays per set, respectively), and also the largest number of sets (58 and 56, respectively).

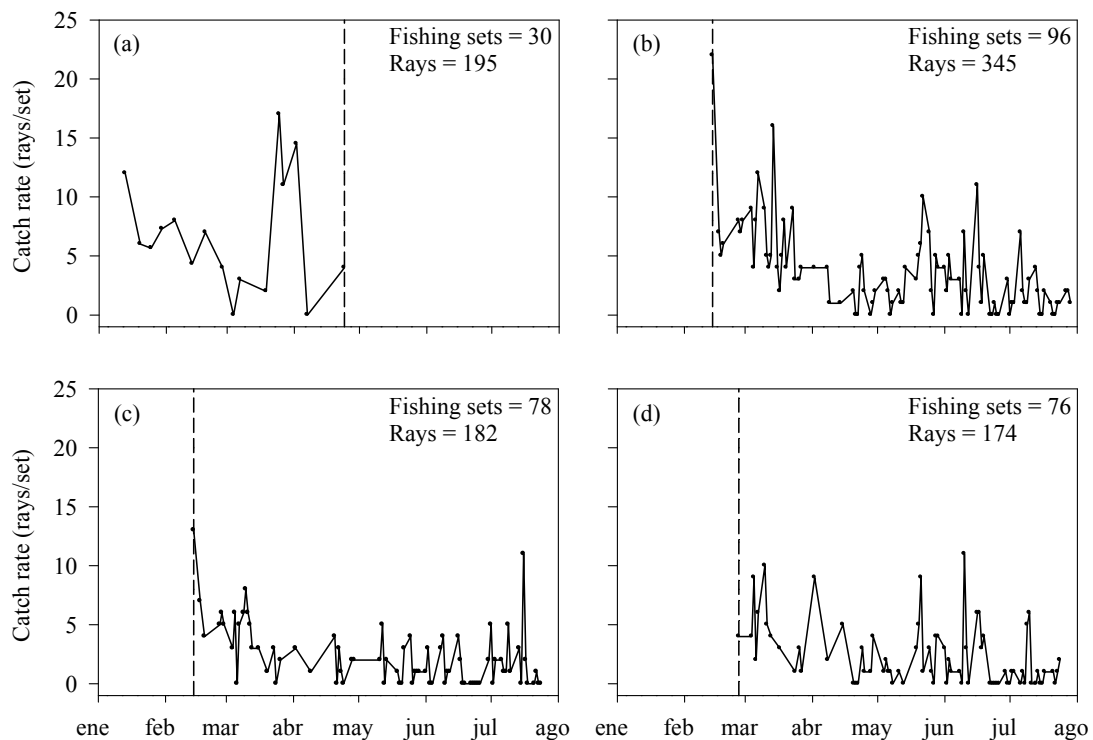


Fig. 4. Time series of the catch rate of the spotted eagle ray (a) fisherman from Campeche, and (b) fisherman 1, (c) fisherman 2 and (d) fisherman 3 from Seybaplaya. The dotted line represents the end of the fishery season in Campeche and the beginning of the fishery season in Seybaplaya.

Around mid October 2009, fishermen from Seybaplaya resumed fishing for spotted eagle ray because of the low catches of octopus (*O. maya*). According to fishermen, in the period of November 8–13, 2009 after two strong north wind events they captured 20–50 rays per set; a higher catch rate than that during the main fishery season (January-July). According to fishermen this event had not occurred in recent years.

The probability that fishing occurred off Campeche was predicted by the lunar cycle (Table 2) with higher probabilities of fishing during new moon (66%) than full moon (24%). In first and third quarter moon the probability to operate was between 30-35%. The wind velocity was the primary determinant of fishing probability Off Seybaplaya (Table 2). The probability of fishing increased when the velocity of wind diminished. The 50% of probability to operate was at 12–15 km/h, and fishermen stopped fishing at 17 km/h (Fig. 5).

Table 2. Summary of logistic regressions for predicting fishing operations of one fisherman from Campeche and three fishermen from Seybaplaya.

	Wald X^2	<i>P</i>
Campeche		
<i>Fisherman</i>		
Lunar cycle	8.24	<0.05
Whole model: -log likelihood = 45.48; Wald $X^2 = 8.96$, $P < 0.05$; $R^2 = 0.09$, df = 3		
Seybaplaya		
<i>Fisherman 1</i>		
Wind velocity	5.30	<0.05
Whole model: -log likelihood = 56.84; Wald $X^2 = 5.96$, $P < 0.05$; $R^2 = 0.05$, df = 1		
<i>Fisherman 2</i>		
Wind velocity	12.02	<0.001
Whole model: -log likelihood = 65.45; Wald $X^2 = 15.83$, $P < 0.001$; $R^2 = 0.11$, df = 1		
<i>Fisherman 3</i>		
Wind velocity	5.60	<0.05
Whole model: -log likelihood = 67.43; Wald $X^2 = 6.45$, $P < 0.01$; $R^2 = 0.045$, df = 1		

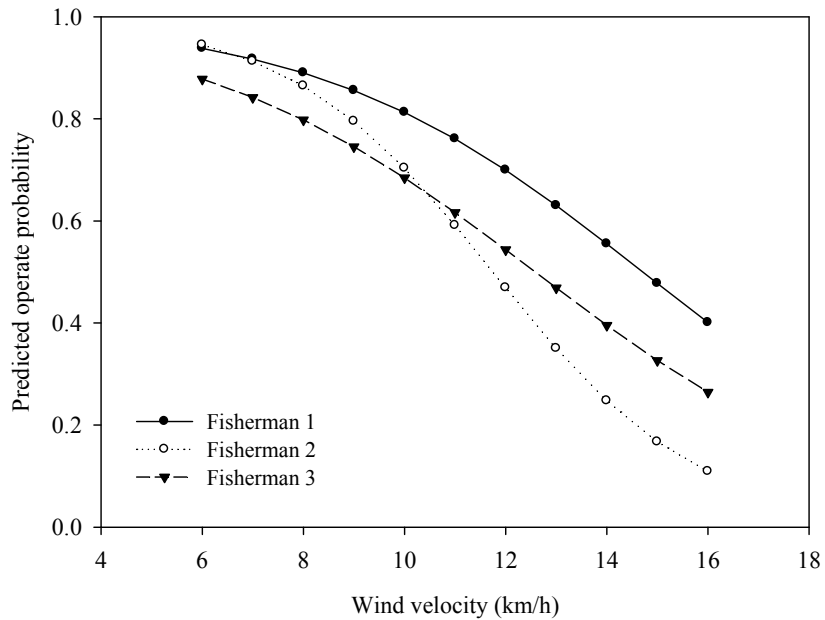


Fig. 5. Predicted probability to operate for fishermen of Seybaplaya according to the wind velocity (km/h).

Catch rates off Seybaplaya varied in relation to fishermen identity, north wind season and sea surface temperature (Table 3). The probability of catching at least one ray per set was predicted by the fisherman identity and the north wind season (Table 3). The fisherman 1 had the highest probability to catch at least one ray (83%), while fishermen 2 and 3 had 69 y 70%, respectively (Table 4). The probability to catch at least one ray per set was 96% during the north wind season and decrease to 68% out of that season (Table 5).

Table 3. Summary of logistic regressions for predicting the capture of at least one, three and five spotted eagle rays off Seybaplaya.

	Wald X^2	<i>P</i>
To catch at least one ray		
Fishermen	6.45	0.039
North wind season	10.15	0.001
Whole model: -log likelihood = 112.05; Wald X^2 = 58.16, <i>P</i> <0.0001; R^2 = 0.21, df = 3		
To catch at least three rays		
Fishermen	7.17	0.027
North wind season	38.20	<0.0001
Whole model: -log likelihood = 121.02; Wald X^2 = 72.87, <i>P</i> <0.0001; R^2 = 0.23, df = 3		
To catch at least five rays		
Sea surface temperature (SST)	6.68	<0.01
North wind season	4.95	0.026
SST*North wind season	6.82	0.009
Whole model: -log likelihood = 81.97; Wald X^2 = 42.13, <i>P</i> <0.0001; R^2 = 0.20, df = 3		

Table 4. Predicted probabilities (mean \pm SD) to catch at least one and three spotted eagle rays per set by fishermen off Seybaplaya.

	At least 1	At least 3
<i>Fisherman 1</i>	0.83 \pm 0.17	0.43 \pm 0.26
<i>Fisherman 2</i>	0.69 \pm 0.22	0.26 \pm 0.23
<i>Fisherman 3</i>	0.70 \pm 0.20	0.26 \pm 0.20

Table 5. Predicted probabilities (mean \pm SD) to catch at least one, three and five spotted eagle rays per set during and out the north wind season off Seybaplaya.

	North wind season	Out of north wind season
At least 1	0.96 \pm 0.03	0.68 \pm 0.19
At least 3	0.72 \pm 0.15	0.21 \pm 0.11
At least 5	0.40 \pm 0.18	0.07 \pm 0.00

The probability of catching at least three rays per set was also predicted by the fisherman identity and the north wind season (Table 3), however, probabilities predicted were smaller than those obtained with the model to predict probabilities to catch at least one ray. The fisherman 1 had higher probability to catch at least three rays (43%) than the others two fishermen (26%, Table 4). The probability was higher during the north wind season (72%) than out of that season (21%, Table 5).

The probability to catch at least five rays per set was lower than in previous models and was predicted by sea surface temperature, north wind season, and their interaction (Table 3). As temperature increased the probability to catch at least five rays diminished (Fig. 6). At 23 °C the probability was 49% and diminished to 4% at 28 °C. During north wind season the probability was 40 % and out of that season was 7 % (Table 5). In north wind season the probability to catch at least five rays varied according to the sea surface temperature. The probability diminished gradually as temperature increased, from 73% at 23.9 °C to 13% at 24.3 °C. Out of the north wind season the probability to catch at least five rays was small, with a range of 6–7% through the gradient of temperature (24.6–28.7 °C).

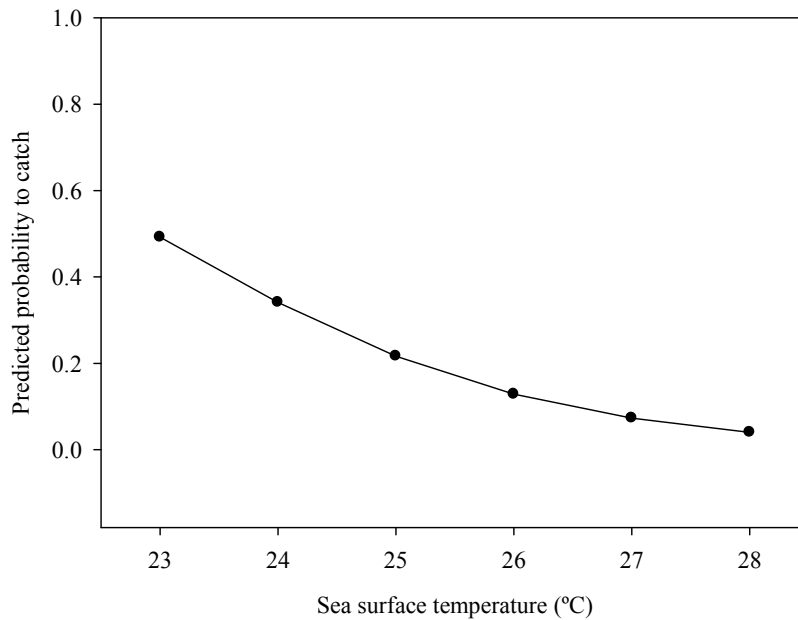


Fig. 6. Predicted probabilities to catch at least five spotted eagle rays per set off Seybaplaya according to the sea surface temperature (°C).

The number of rays caught per set was statistically different according to fishermen ($F = 4.2$, $P = 0.016$), the north wind season ($F = 31.2$, $P < 0.0001$) and sea surface temperature ($F = 12.93$, $P < 0.001$). Fishermen 1 had higher catch rate (4.3 ± 3.6 rays per set) than fishermen 2 and 3 (3.4 ± 2.5 and 3.3 ± 2.6 rays per set, respectively). During the north wind season more rays per set (5.8 ± 3.7) were caught than out of that season (2.8 ± 2.3). The largest number of rays was caught at 23°C (6.3 ± 2.7) and the lowest number at 29°C (2.1 ± 2.6), however, there was a large variability through the gradient of temperature, particularly at 24°C (Fig. 7). The number of rays per set was larger at 23°C (6.3 ± 2.7) than to the rest of the temperature values. Also, the number of rays was larger at 24°C (4.4 ± 4.4) than the number of rays at 25°C (2.2 ± 1.2) and 28°C (3.0 ± 2.3).

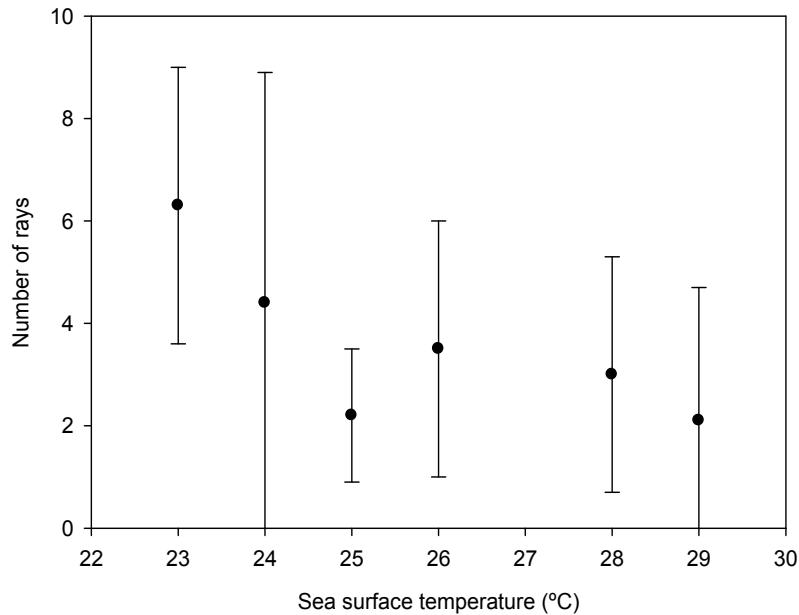


Fig. 7. Number of spotted eagle rays per set caught off Seybaplaya according to sea surface temperature (mean \pm SD).

4. Discussion

Mexican elasmobranch fisheries use multiple gears to capture a variety of species (Bizarro et al. 2009). The spotted eagle ray fishery in southeastern Gulf of Mexico is one of the few targeted batoid fisheries in Mexican waters of the Gulf of Mexico. This is mainly due to the existence of a traditional regional market on this species, which has the highest price among elasmobranchs.

According to fishermen, catch rates of the spotted eagle ray have diminished over the past several decades, but a lack of data makes it impossible to corroborate this pattern. Declines in eagle ray populations in response to overfishing has been suggested previously (Devadoss 1984, Kyne et al. 2006). Other factors may contribute to potential declines. For example, fishermen from the state of Campeche believe that declines of

the spotted eagle ray (mainly close to the shore) have been enhanced by increases in fishing pressure on other resources, increased populations of *R. bonasus*, and declines in some of its potential prey (mollusks: e.g. *T. angulata*, *B. perversum*, *S. pugilis* and *S. costatus*). Baqueiro-Cárdenas et al. (1999) documented that starting in 1984 mollusk populations off Seybaplaya began to decline with increasing exploitation including fisheries moving deeper.

Fishermen stop fishing operations when detected the presence of large schools of *R. bonasus* in the fishing area, which sometimes destroyed their nets. According to them, the population of *R. bonasus* has increased in the last decade. Some populations of mesoconsumer elasmobranchs have increased in regions where shark populations have diminished, such as *R. bonasus* in northwestern Atlantic (Myers et al., 2007). In southeastern Gulf of Mexico *R. bonasus* probably also increased as a response of diminution of large shark populations suggested by comments of fishermen and also by the diminution of fisheries to target them in the region.

Differences in effort allocation between fishermen were closely related to consumption preferences of people between the localities of Campeche and Seybaplaya. Fisherman from Campeche looks for large rays due to their high price in the local fish market, and fishermen from Seybaplaya looks for small and medium sized rays because of people from that locality prefer them, and their price is the best. Therefore, the incentive to target different sizes between localities is the commercialization, and fishermen are clearly influenced for it to maximize economic benefits.

Fishing operations of the fisherman from Campeche was predicted by the lunar cycle, and wind velocity predicts the fishing operations of the three fishermen from

Seybaplaya. This result shows the different ways that fishermen from close localities operate (30 km from each other in the coast line), along with differences of distance from the shore and the extension of their fishing areas, days of fishing trips, operation of the gillnets in the water column, and fishing set duration. It seems that at least the distance from the shore influence on the size distribution and sex and ontogenetic ratio of spotted eagle rays captured. This study shows how fishermen perceptions, preferences and experience influence on the catch rate, size distribution and sex ratio, and that fishermen behavior must be considered in future studies.

Catch rates off Seybaplaya were influenced by the identity of fishermen, the north wind season, sea surface temperature and the interaction north wind season*sea surface temperature. Several studies have documented that abundance and distribution of elasmobranchs were influenced by environmental factors, such as water temperature (Heithaus et al., 2007, et al., 2009; Hopkins and Cech, 2003) lunar cycle (Lowry et al., 2007), tidal cycle (Silliman and Gruber 1999), dissolved oxygen (Heithaus et al., 2007) and salinity (Hopkins and Cech, 2003).

Catches off Seybaplaya diminished in warm months (April-July). Fishermen indicated that rays move offshore in those months. Silliman and Gruber (1999) monitored the movement patterns of spotted eagle rays in Bimini, Bahamas. Aerial observations indicated that the rays had moved to deeper waters around Bimini in late spring, and by the end of summer rays returned to shallow waters. Authors suggested that temperature was the causal factor. This is in agreement with the results in the present study, where apparently the spotted eagle rays move offshore in warm months, around April, and move back to the shore when temperature diminishes around October.

There are no records on the influence of the north wind season on the catch rates of elasmobranch species. Fishermen stated that spotted eagle rays (as other teleost and elasmobranch species) move towards the shore after a north wind event, and normally catch rate increased substantially, as occurred in February, March and November 2009 off Seybaplaya.

According to fishermen, turbidity is one of the main factors that positively influence the catch rate of the spotted eagle ray; however, we could not evaluate it. Hueter et al. (2007) selected the fishing areas based on the experience of fishermen from Yalahau lagoon (northeastern Yucatán Peninsula), who recommended the use of turbid areas to maximize catches of blacktip sharks (*Carcharhinus limbatus*) in gillnets.

A future study with a fishing independent sampling could determine the influence of turbidity on the catch rates of the spotted eagle ray, and the use of pop-up satellite tags could provide evidence on the influence of north wind events on the behavior of this species.

According to Springer (1967) and Sims (2005) segregation by sex is common in elasmobranchs. Although sexual segregation was not complete in spotted eagle rays, catches in our sample were male-biased off Campeche and female-biased off Seybaplaya. Differences in size of the spotted eagle ray between fishing areas (off Campeche and off Seybaplaya) suggest that spatial segregation of age classes exist for this species in the region. Larger rays were caught further from shore (off Campeche) and smaller rays closer to shore (off Seybaplaya). A similar pattern has been observed for spotted eagle rays offshore of Puerto Rico (J. D. Dubick, University of Puerto Rico, unpubl. data).

Heupel and Hueter (2002) and Heithaus (2007) state that the main factor who drives differences in habitat use by juveniles is the need to diminish predation risk. Because of large shark populations have apparently diminished in southeastern Gulf of Mexico and nowadays only few fishing boats target them eventually further from shore (> 80 km from the shore), it is suggested that other factors such as competition for food among ontogenetic stages may influence size segregation for the spotted eagle ray.

Because of the spotted eagle ray is the target species in this fishery, we strongly recommend that harvest of this species should be managed by a specific fishing permit instead of the actual multispecific permit (for elasmobranch and teleost species), and fishermen should provide records of fishing trips and catches by means of a logbook system. Also, in future studies on elasmobranch fisheries special attention to the allocation of effort should be paid, because of the different ways that fishermen operate could influence on the size distribution and sex and ontogenetic ratio of the target species.

Acknowledgements

We thank fishermen for allowing us to analyze their landings and provide information about their activity. Thanks to Javier Ortega-Puch for its valuable field assistance. Special thanks to Michael Heithaus; its valuable comments, edits and recommendations considerably improved this manuscript. Funding for this project was provided by ECOSUR.

References

- Baqueiro-Cárdenas, E., Medina-Martínez, M., Ramírez, L., 1999. Conch fishery of Campeche. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 45: 982–993.
- Bizzarro, J.J., Smith, W.D., Márquez-Farías, J.F., Tyminski, J., Hueter, R.E., 2009. Temporal variation in the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, Mexico. *Fish. Res.* 97, 103–117.
- Clark, E., von Schmidt, K., 1965. Sharks of the central gulf coast of Florida. *Bull. Mar. Sci.* 15, 13–83.
- Devadoss, P., 1984. On the incidental fishery of skates and rays off Calicut. *Indian J. Fish.* 31 (2), 285–292.
- Heithaus, M.R., 2007. Nursery areas as essential shark habitat: a theoretical perspective, in: McCandless, C.T., N.E., Kohler, Pratt Jr., H.L. (Eds.), *Shark nursery grounds of the Gulf of Mexico and the East Coast waters of the United States*. *Am. Fish. Soc. Symp.* 50, 3–13.
- Heithaus, M.R., Burkholder, D., Hueter, R.E., Heithaus, L.I., Pratt, H.L., Carrier, J.C., 2007. Spatial and temporal variation in shark communities of the lower Florida Keys and evidence for historical population declines. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64, 1302–1313.
- Heithaus, M.R., Bryan, B.K., Wirsing, A.J., Dunphy-Daly, M.M., 2009. Physical factors influencing the distribution of a top predator in a subtropical oligotrophic estuary. *Limnol. Oceanogr.* 54(2), 472–482.
- Heupel, M.R., Hueter, R.E., 2002. The importance of prey density in relation to the movement patterns of juvenile sharks within a coastal nursery area. *Mar. Freshw. Res.* 53, 543–550.

- Hilborn, R., 1985. Fleet dynamics and individual variation: why some people catch more fish than others. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42, 2–13.
- Hopkins, T.E., Cech, J.J., 2003. The influence of environmental variables on the distribution and abundance of three elasmobranchs in Tomales Bay, California. *Environ. Biol. Fishes.* 66, 279–291.
- Hueter, R.E., Castillo-Géniz, J.L., Márquez-Farias, J.F., Tyminski, J.P., 2007. The use of laguna Yalahau, Quintana Roo, Mexico as a primary nursery for the blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*), in: McCandless, C.T., Kohler, N.E., Pratt Jr., H.L. (Eds.), Shark nursery grounds of the Gulf of Mexico and the East coast waters of the United States. *Am. Fish. Soc. Symp.* 50, 345–364.
- Kyne, P.M., Ishihara, H., Dudley, S.F.J., White, W.T., 2006. *Aetobatus narinari*, in: IUCN 2009, 2009 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>.
- Lowry, M., Williams, D., Metti, Y., 2007. Lunar landings - Relationship between lunar phase and catch rates for an Australian gamefish-tournament fishery. *Fish. Res.* 88, 15–23.
- McEachran, J.D., de Carvalho, M.R., 2002. Batoid Fishes, in: Carpenter, K.E. (Ed.), FAO species identification guide for fishery purposes and American society of ichthyologists and herpetologists special publication. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 1. Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. FAO, Rome, Italy, pp. 578–585.
- Myers, R.A., Baum, J.K., Shepherd, T.D., Powers, S.P., Peterson, C.H., 2007. Cascading Effects of the Loss of Apex Predatory Sharks from a Coastal Ocean. *Science.* 315, 1846–1850.

- Palacio-Aponte, A., Silva-Casarín, R., Bautista-Godínez, E., Posada-Venegas, G., Ruíz-Martínez, G., 2006. Atlas de peligros naturales a nivel de ciudad. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche.
- Poder Ejecutivo Federal, (2007). NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas, Especificaciones para su aprovechamiento. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de Febrero del 2007. Ciudad de México.
- Silliman, W., Gruber, S., 1999. Behavioral biology of the spotted eagle ray, *Aetobatus narinari*. Bahamas J. SCI. 7, 13–20.
- Sims, D.W., 2005. Differences in habitat selection and reproductive strategies of male and female sharks, in: Ruckstuhl, K.E., Neuhaus, P. (Eds.), Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the Two Sexes. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 127–147.
- Springer, S., 1967. Social organization of shark populations, in: Gilbert, P.W., Mathewson, R.F., Rall, D.P. (Eds.), Sharks, Skates, and Rays. The Johns Hopkins Press, U.S.A, pp. 149-172.
- Zar, J.H., 1984. Biostatistical analysis, Second ed. Prentice-Hall, Inc. 718 p.