

Efecto de factores ambientales y la asignación del esfuerzo pesquero sobre las capturas de la raya *Aetobatus narinari* (Rajiformes: Myliobatidae) en el sur del Golfo de México

Elizabeth Cuevas, Juan Carlos Pérez & Iván Méndez

Departamento de Aprovechamiento y Manejo de Recursos Acuáticos, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Av. Rancho Polígono 2-A, Ciudad Industrial, Lerma, Campeche, México, C.P. 24500; ocelycz@gmail.com, jcperez@ecosur.mx, imendez@ecosur.mx

Recibido 02-VII-2012. Corregido 10-XII-2012. Aceptado 22-I-2013.

Abstract: Effect of environmental factors and fishing effort allocation on catch of the Spotted Eagle Ray *Aetobatus narinari* (Rajiformes: Myliobatidae) in Southern Gulf of Mexico. *Aetobatus narinari* represents a fisheries target in Southern Gulf of Mexico, and it is currently considered a Near Threatened species by the IUCN red list. The information available of this batoid fish includes some biological and fishery aspects; nevertheless, little is known about the factors influencing on fishing operations and catches. In order to evaluate the effect of environmental factors and the fishing effort allocation by vessels on the target fishery of *A. narinari* in this area, a daily basis sampling was carried out on four small-scale vessels, from January to July 2009 (the entire fishing season), in two fishing localities (Campeche and Seybaplaya). A total of 896 rays were recorded from 280 fishing trips. A General Linear Model was used to predict the factors effect on the probability that fishing operations occurred, and on the probability for captures of at least one or three or five rays per vessel-trip. The probability that fishing operations occurred off Campeche was predicted by the lunar cycle, with the highest probability in the new moon period (66%) and a probability smaller than 35% for the other periods. The probability that fishing operations occurred off Seybaplaya was predicted by wind velocity, with higher probabilities at low wind velocity than at high wind velocity, and a 50% probability of fishing operations at 12-15km/h. Catch rates off Seybaplaya were predicted by the vessel's factor (the effect of fishing effort allocation), the North wind season and sea surface temperature. The probability for captures of at least one and three rays per vessel-trip was predicted by the vessel's factor and the North wind season. One vessel had higher catch probability (83% for at least one ray and 43% for at least three rays) than the others (69 and 70% for at least one ray and 26% for at least three rays), and during the North wind season the catch probability was higher (96% for at least one ray and 72% for at least three rays) than out of that season (68% for at least one ray and 21% for at least three rays). The probability for capture at least five rays per vessel-trip was predicted by the sea surface temperature and the North wind season. At 23°C the catch probability was of 49% and the probability gradually diminished to 4% at 28°C, and during the North wind season the catch probability was higher (40%) than out of that season (7%). This study shows that some environmental factors and fishermen perceptions and experience (fishing effort allocation) influence on the catch rate of *A. narinari*, and that these factors must be considered in future studies on elasmobranch fisheries, mainly when comparisons between catch rates among seasons or regions are analyzed. Rev. Biol. Trop. 61 (3): 1341-1349. Epub 2013 September 01.

Key words: *Aetobatus narinari*, fishing operations, catch rate, probability predictions, Campeche bank.

La raya pinta *Aetobatus narinari* (Euphrasen 1790) es una especie cosmopolita, que en el Atlántico occidental se distribuye desde Carolina del Norte hasta el sur de Brasil (McEachran & de Carvalho 2002). Este batoideo bento-pelágico habita comúnmente en aguas superficiales

costeras (Silliman & Gruber 1999) y se puede encontrar solo o en grupos grandes (McEachran & de Carvalho 2002).

Aetobatus narinari está catalogada en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) como



especie casi amenazada, debido a su bajo potencial reproductivo y a la pesca intensa y no regulada, que probablemente han causado la disminución de sus poblaciones (Kyne *et al.* 2006). En el Sur del Golfo de México, *A. narinari* es la especie objetivo de alrededor de 40 embarcaciones menores (de 7m de longitud y con motor fuera de borda) y es la segunda especie de batoideo más capturada (con alrededor de 40 toneladas por año) después de la raya látigo americana *Dasyatis americana*.

La raya pinta es una especie de talla mediana (230cm de ancho de disco) poco conocida y sólo algunos estudios han proporcionado información sobre su anatomía (Gudger 1914), distribución e historia de vida (Bigelow & Schroeder 1953, Silliman & Gruber 1999, McEachran & de Carvalho 2002), y sobre su pesquería (White & Dharmadi 2007, Cuevas-Zimbrón *et al.* 2011). La pesquería de *A. narinari* en el Sur del Golfo de México fue descrita por Cuevas-Zimbrón *et al.* (2011), sin embargo, aún se desconoce cómo influyen algunos factores ambientales y la asignación del esfuerzo pesquero (diferencia en la distribución del esfuerzo entre embarcaciones) en las tasas de captura. La percepción, preferencias y habilidades de los pescadores juegan un papel importante en la asignación del esfuerzo pesquero y en el volumen de captura que obtendrán (Salas & Gaertner 2004), por lo que los análisis de tasas de captura deben considerar la variabilidad entre embarcaciones, así como, determinar qué factores afectan sus operaciones (como la velocidad del viento y el ciclo lunar).

El análisis de las capturas de elasmobranquios puede proporcionar evidencia sobre la influencia de los factores ambientales en sus tasas de captura (Hopkins & Cech 2003, Heithaus *et al.* 2007, Heithaus *et al.* 2009). 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 su capturabilidad (Lowry *et al.* 2007, Megalofonou *et al.* 2009). Estudios recientes lo han documentado para elasmobranquios (Heithaus 2001, Hopkins & 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 las Bahamas, Silliman & Gruber (1999) encontraron que *A. narinari* 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 estudios, se sugiere que ambos factores (temperatura y ciclo de marea) podrían influir en las tasas de captura de esta especie en las costas de Campeche, además del ciclo lunar y la temporada de frentes fríos de invierno, que fueron mencionadas por los pescadores, al principio de este estudio, como factores importantes.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de la velocidad del viento y del ciclo lunar en la operación pesquera para la captura de *A. narinari*, así como la influencia de la asignación del esfuerzo pesquero y de otros factores como la temperatura superficial del mar, ciclo lunar, amplitud de marea y la temporada de frentes fríos de invierno en las tasas de captura de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estimación de las tasas de captura (rayas/viaje de pesca) se obtuvo mediante registros diarios de los desembarcos de las operaciones de pesca que realizaron cuatro embarcaciones menores o de pequeña escala (de 7m de longitud y con motor fuera borda de 40-75HP) en dos localidades del estado de Campeche (Cuevas-Zimbrón *et al.* 2011): Campeche (n=1) y Seybaplaya (n=3) durante la temporada de pesca de enero a julio 2009. Los cuatro pescadores fueron entrevistados para registrar las características de sus operaciones de pesca, características de los equipos usados y sobre su percepción del efecto de factores que afectan sus operaciones de pesca y tasas de captura. En los Estados de Campeche y

Yucatán, Sur del Golfo de México, alrededor de 40 embarcaciones menores dirigen su esfuerzo para la captura de esta especie en esos meses.

La temporada de pesca de *A. narinari* es de enero a julio de cada año, porque de agosto a diciembre los pescadores se dedican a la captura de pulpo *Octopus maya*, el recurso pesquero con mayor valor económico en la región. Sin embargo, en 2009, la embarcación de la localidad de Campeche dirigió su esfuerzo de pesca para la captura de *A. narinari* únicamente de enero a abril porque las capturas fueron bajas. Esta embarcación realizó 30 viajes de pesca y usó redes de seda a la deriva, con luz de malla de 30.5cm. Por su parte, las tres embarcaciones de Seybaplaya realizaron 250 viajes de pesca y usaron redes de seda fijas al fondo, con luz de malla de 36.5cm. El número de horas por viaje de pesca fue de aproximadamente 15h y fue constante a lo largo de la temporada de pesca. El número de tripulantes por embarcación fue de dos, un capitán y un ayudante.

Con el propósito de evaluar el efecto de la velocidad del viento y del ciclo lunar sobre las operaciones pesqueras, y el efecto de las diferencias en la asignación del esfuerzo pesquero entre embarcaciones (factor embarcación) y algunos factores ambientales, sobre las tasas de captura de *A. narinari* frente a Seybaplaya, se utilizó un Modelo General Lineal (MGL) con respuesta binomial, de acuerdo con Heithaus *et al.* (2007).

Operación pesquera: Se utilizó una regresión logística con la finalidad de analizar la influencia de la velocidad del viento y del ciclo lunar, en la probabilidad de que las embarcaciones pesqueras de Campeche y Seybaplaya desarrollaran operaciones, y se consideró como variables de respuesta los días hábiles de pesca (sin tomar en cuenta los fines de semana y días de fiesta).

Tasas de captura: Para analizar si el factor embarcación (el efecto de las diferencias en la asignación del esfuerzo pesquero entre embarcaciones), el ciclo lunar, la amplitud de marea, la temperatura superficial del mar, la

temporada de frentes fríos de invierno o “Nortes”, y todas las posibles interacciones entre dos factores, tienen alguna influencia en 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 una, tres y cinco rayas por viaje de pesca. La embarcación de Campeche no se incluyó en el modelo debido a que su temporada de pesca fue reducida (enero-abril).

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), en la que se procede a remover primero las interacciones no significativas ($p > 0.10$), y posteriormente las variables no significativas ($p > 0.10$).

Los registros de la velocidad del viento (km/h) fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional. El ciclo lunar y la amplitud de marea (m) se establecieron con las tablas numéricas de predicción de mareas proporcionados por la Secretaría de Marina Armada de México, estación Lerma, Campeche. Los datos de temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}\text{C}$) se obtuvieron de la División de Investigación Ambiental (Southwest Fisheries Science Center, NOAA). Para la temporada de pesca enero-julio 2009, en la costa central de Campeche, el intervalo de la velocidad del viento fue de 1.9-20.9km/h, la amplitud de marea osciló entre los 0.08 y 1.56m y la TSM fue de 23.9 a 28.7 $^{\circ}\text{C}$. La temporada de frentes fríos de invierno (octubre-marzo) se caracteriza por vientos fuertes con dirección Norte a Sur sobre el Golfo de México (Palacio-Aponte *et al.* 2006). La temporada de frentes fríos fue de octubre de 2008 a marzo 2009 de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional. Para el presente estudio la temporada de pesca se dividió en dos periodos: a) temporada de frentes fríos de enero a marzo, y b) temporada sin frentes fríos de abril a julio.

RESULTADOS

La embarcación que realizó sus operaciones de pesca frente a la localidad de Campeche

capturó un total de 195 rayas, de enero a abril 2009, en 30 viajes (promedio $6.6 \pm \text{desv. estándar}$ 4.9 rayas por viaje de pesca). Las tres embarcaciones que realizaron sus operaciones de pesca frente a la localidad de Seybaplaya, capturaron 701 individuos en 250 viajes (3.0 ± 2.9 rayas por viaje de pesca) de febrero a julio de 2009.

Operación pesquera: La operación pesquera de la embarcación de la localidad de Campeche fue predicha por el ciclo lunar (Cuadro 1), con las mayores probabilidades de operar durante los días de luna nueva (66%) y las menores en días de luna llena (24%). Durante el primer y tercer cuarto de luna, la probabilidad de operar estuvo entre 30 y 35%.

Por su parte, la velocidad del viento fue un factor que influyó en la probabilidad de operar de las tres embarcaciones de Seybaplaya (Cuadro 1). La probabilidad de realizar un viaje de pesca disminuyó conforme la velocidad del viento aumentó. El 50% de probabilidad de que las embarcaciones operaran, sucedió con una velocidad de viento entre 12 y 15 km/h, sin

embargo, a partir de los 17 km/h decidieron no salir a pescar (Fig. 1).

Tasas de captura: En Seybaplaya las tasas de captura estuvieron determinadas por el factor embarcación, la temporada de frentes fríos y la temperatura superficial del mar (Cuadro 2). El ciclo lunar y la amplitud de marea no resultaron significativos, por lo que no influyeron en las tasas de captura.

La probabilidad de capturar al menos una raya por viaje de pesca fue predicha por el factor embarcación y la temporada de frentes fríos (Cuadro 2). La embarcación dos tuvo la mayor probabilidad de captura (83%), mientras que las embarcaciones tres y cuatro tuvieron 69 y 70% de probabilidad, respectivamente (Cuadro 3). Capturar al menos una raya durante la temporada de frentes fríos resultó altamente probable (96%) y en la temporada sin frentes fríos la probabilidad disminuyó hasta 68% (Cuadro 4).

La probabilidad de capturar al menos tres rayas por viaje de pesca fue predicha por el factor embarcación y la temporada de

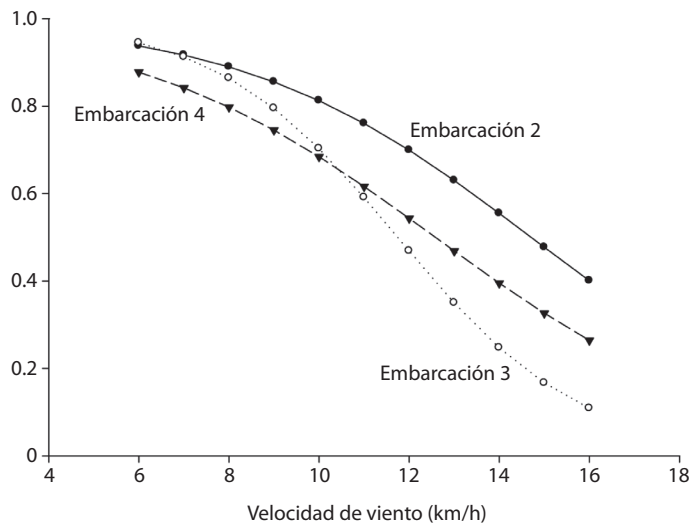


Fig. 1. Variación de la probabilidad para las operaciones de pesca (N=250 viajes de pesca) frente a Seybaplaya, Sur del Golfo de México, en función de la velocidad del viento (km/h).

Fig. 1. Variation in the predicted probability for fishery operations (N=250 fishing trips) off Seybaplaya, Southern Gulf of Mexico, according to wind velocity (km/h).

CUADRO 1
Resumen de la regresión logística para predecir las operaciones de pesca frente a Campeche y Seybaplaya, Sur del Golfo de México

TABLE 1
Summary of logistic regression for predicting fishery operations off Campeche and Seybaplaya, Southern Gulf of Mexico

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

CUADRO 2
Resumen de la regresión logística para predecir las capturas de al menos una, tres y cinco *A. narinari* frente a Seybaplaya, Sur del Golfo de México

TABLE 2
Summary of logistic regression for predicting captures of at least one, three and five *A. narinari* off Seybaplaya, Southern Gulf of México

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

frentes fríos (Cuadro 2); sin embargo, las probabilidades predichas fueron menores que las obtenidas con el modelo para predecir la probabilidad de capturar al menos una raya. La

embarcación dos tuvo la mayor probabilidad de captura (43%) con respecto a las otras dos (26% de probabilidad, Cuadro 3). La probabilidad de capturar al menos tres rayas fue de 72%

CUADRO 3

Probabilidad predicha (promedio±desviación estándar) por embarcación para capturas de al menos una y tres *A. narinari* frente a Seybaplaya, Sur del Golfo de México

TABLE 3

Predicted probability (mean±standard deviation) per vessel for captures of at least one and three *A. narinari* off Seybaplaya, Southern Gulf of Mexico

	Captura de al menos 1	Captura de al menos 3
Embarcación 2	0.83±0.17	0.43±0.26
Embarcación 3	0.69±0.22	0.26±0.23
Embarcación 4	0.70±0.20	0.26±0.20

durante la temporada de frentes fríos, mientras que en la temporada sin frentes fríos fue de 21% (Cuadro 4).

La probabilidad de capturar al menos cinco rayas por viaje de pesca fue aún menor que la de los modelos previos y fue predicha por la temperatura superficial del mar, la temporada de frentes fríos y su interacción (Cuadro 2). Conforme la temperatura superficial aumentó, la probabilidad de captura disminuyó.

CUADRO 4

Probabilidad predicha (promedio±desviación estándar) para capturas de al menos una, tres y cinco rayas frente a Seybaplaya, durante la temporada de frentes fríos y en la temporada sin frentes fríos

TABLE 4

Predicted probability (mean±standard deviation) for captures of at least one, three and five *A. narinari* off Seybaplaya, during the North wind season and out of North wind season

Captura de <i>A. narinari</i>	Temporada de frentes fríos	Temporada sin frentes fríos
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

A 23°C, la probabilidad fue de 49%, y disminuyó hasta 4% en 28°C (Fig. 2). Durante la temporada de frentes fríos la probabilidad de captura fue de 40% y en la temporada sin frentes fríos fue de 7% (Cuadro 4). Asimismo, en la temporada de frentes fríos la probabilidad de capturar al menos cinco rayas varió de acuerdo con la temperatura del mar (interacción TSM*frentes fríos). La probabilidad disminuyó

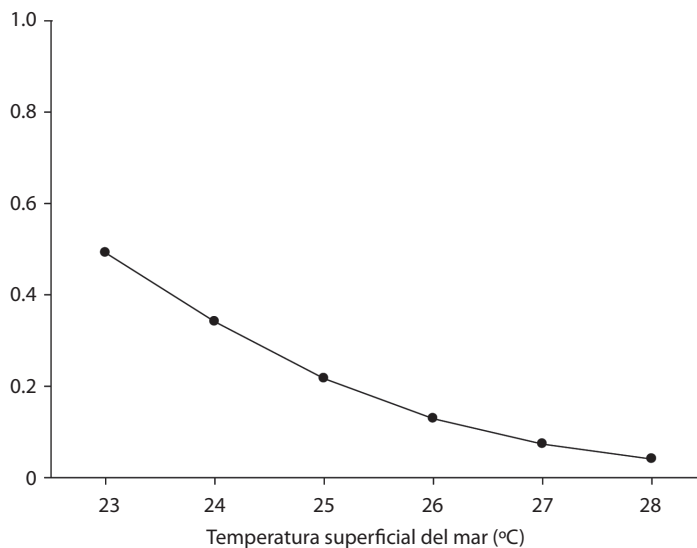


Fig. 2. Variación de la probabilidad para capturas de al menos cinco *A. narinari* frente a Seybaplaya (N=701 rayas), Sur del Golfo de México, en función de la temperatura superficial del mar (°C).

Fig. 2. Variation in the predicted probability for captures of at least five *A. narinari* off Seybaplaya (N=701 rays), Southern Gulf of Mexico, according to the sea surface temperature (°C).

gradualmente conforme la temperatura aumentó, de 73% a 23.9°C hasta 13% a 24.3°C. En la temporada sin frentes fríos, la probabilidad de captura fue mucho menor, con un intervalo de 6-7% a través del gradiente de temperatura (24.6-28.7°C).

DISCUSIÓN

La pesquería de *A. narinari* en el Sur del Golfo de México es de las únicas, en la costa del Atlántico Mexicano, en donde un batoideo es la especie objetivo. Esto se debe principalmente a su demanda tradicional en el mercado de la región y a que tiene el valor económico más alto entre los elasmobranquios (Cuevas-Zimbrón *et al.* 2011).

El ciclo lunar fue el factor predictor de la operación pesquera de la embarcación de la localidad de Campeche, que dejó de operar en luna llena porque el capitán consideró que durante esos días la probabilidad de captura es muy baja porque la red opera en la superficie y 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 deriva porque la red es más visible (Collins 1979, Di Natale & Mangano 1995).

En cambio, el factor que predijo las operaciones pesqueras de las embarcaciones de la localidad de Seybaplaya fue la velocidad del viento, porque los capitanes de esas embarcaciones seleccionaron áreas de pesca de mayor turbidez y usaron redes fijas al fondo. La influencia de la velocidad del viento se debe principalmente a razones de seguridad y porque con velocidades de viento bajas se facilitan las operaciones de pesca. Conocer los factores que predicen las operaciones pesqueras permite hacer estimaciones del esfuerzo total (número total de días de operación por mes o por año) a lo largo de las temporadas de pesca, en situaciones en que el registro diario no sea factible

por cuestiones de logística y de presupuesto. Lo anterior también indica que en la zona de estudio existen entre los pescadores, diferencias de percepción y preferencias para realizar sus operaciones de pesca, que podrían influir en sus tasas de captura (Cuevas-Zimbrón *et al.* 2011).

Las tasas de captura en Seybaplaya estuvieron influenciadas por el factor embarcación, la temporada de frentes fríos, la temperatura superficial del mar y la interacción temporada de frentes fríos y temperatura superficial del mar. El factor embarcación fue un factor significativo para la predicción de la probabilidad de capturar al menos una y al menos tres rayas. Esto demuestra la importancia de estudiar el efecto de las diferencias en la asignación del esfuerzo pesquero entre embarcaciones, sobre todo en situaciones en que se comparan las tasas de captura de diferentes localidades, porque las diferencias pueden deberse no sólo a las zonas y equipos de pesca usados, entre otros, sino también a la variabilidad entre embarcaciones.

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

A pesar de que *A. narinari* fue registrada durante toda la temporada de pesca (enero-julio), por medio del análisis de las tasas de captura se observó un patrón estacional en su ocurrencia. Las capturas en Seybaplaya disminuyeron en los meses cálidos (abril-julio). Los pescadores indicaron que las rayas se mueven fuera de la costa en esos meses (Cuevas-Zimbrón *et al.* 2011). Se corroboró con el modelo de regresión logística que la captura es mayor durante la temporada de frentes fríos, en los

meses donde la temperatura es menor, y la captura disminuye conforme aumenta la temperatura. Lo mismo fue reportado por Dubick (2000), quien observó que *A. narinari* en el Suroeste de Puerto Rico, prefiere zonas profundas de menor temperatura durante los meses de verano, por lo que se aleja de las zonas de pesca y disminuye su captura.

Silliman & Gruber (1999) indicaron que los patrones de movimiento de *A. narinari* en Bimini, Bahamas, están influenciados por la temperatura, lo que coincide con los resultados de este estudio y los de Dubick (2000). Asimismo, Heithaus *et al.* (2007) encontraron que la temperatura del agua predice la probabilidad de capturar algunas especies de tiburones (*Ginglymostoma cirratum*, *Sphyrna mokarran*, *Negaprion brevirostris* y *Carcharhinus limbatus*) en los cayos de la Florida.

Los pescadores mencionaron que *A. narinari* (como otras especies de teleósteos y elasmobranquios) se mueven hacia la costa después de un frente frío intenso, y normalmente la tasa de captura aumenta substancialmente, como ocurrió en febrero, marzo y noviembre 2009 frente a Seybaplaya (Cuevas-Zimbrón *et al.* 2011). Sin embargo, no está documentado en la literatura el efecto de los frentes fríos sobre las tasas de captura de alguna otra especie de elasmobranquio, por lo que sería necesario un estudio futuro en el que sean utilizadas marcas satelitales para generar evidencia sobre la influencia de este factor en el comportamiento de *A. narinari* (Cuevas-Zimbrón *et al.* 2011).

En investigaciones posteriores sobre pesquerías de elasmobranquios, se debe poner especial atención al efecto de las diferencias en la asignación del esfuerzo pesquero entre embarcaciones sobre las tasas de captura de la especie objetivo, debido a que las diferencias en la experiencia y habilidad de los pescadores pueden influir significativamente. Este factor puede ser fundamental al comparar tasas de captura entre regiones y periodos del año, dado que las posibles diferencias en las capturas pueden deberse también a la variabilidad entre embarcaciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Pescadores por permitirnos analizar sus capturas y proporcionarnos información sobre su actividad. Gracias a Javier Ortega por su valiosa ayuda en los muestreos. Un agradecimiento especial a Michael Heithaus, sus valiosos comentarios, correcciones y recomendaciones mejoraron considerablemente este manuscrito. Los fondos para este proyecto fueron proporcionados por ECOSUR.

RESUMEN

Aunque existen estudios sobre las pesquerías de batoideos en aguas Mexicanas, falta información sobre la influencia de factores sobre las operaciones pesqueras y las tasas de captura. Para evaluar el efecto de algunos factores en la pesquería dirigida sobre la raya pinta *Aetobatus narinari* en el Sur del Golfo de México, se realizaron registros diarios de las operaciones pesqueras de cuatro embarcaciones menores en dos localidades (Campeche y Seybaplaya), de enero a julio 2009 (temporada de pesca completa). Fueron registradas 896 rayas en 280 viajes de pesca. Se utilizó el Modelo General Lineal para evaluar la influencia de los factores en las operaciones de pesca y las tasas de captura. La operación pesquera fue predicha por el ciclo lunar (frente a Campeche) y la velocidad del viento (frente a Seybaplaya). Las tasas de captura frente a Seybaplaya fueron predichas por el factor embarcación, la temporada de frentes fríos y la temperatura superficial del mar. Este estudio demuestra que tanto los factores ambientales como las diferencias en la asignación del esfuerzo pesquero entre embarcaciones, influyen en las tasas de captura, por lo que deben ser considerados en estudios futuros que comparen tasas de captura entre estaciones del año y regiones.

Palabras clave: *Aetobatus narinari*, operaciones pesqueras, tasas de captura, predicción de probabilidades, banco de Campeche.

REFERENCIAS

- Bigelow, H.B.B. & W.C. Schroeder. 1953. Fishes of the Western North Atlantic. Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Rays. Mem. Sears Fdn. Mar. Res. Number I. Part 2. Yale University, New Haven, Connecticut, EE.UU.
- Bigelow, K.A., C.H. Boggs & X. He. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery. Fish. Oceanogr. 8: 178-198.

- Collins, J.J. 1979. Relative efficiency of multifilament and monofilament nylon gillnet towards lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) in Lake Huron. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 36: 1180-1185.
- Cuevas-Zimbrón, E., J.C. Pérez-Jiménez & I. Méndez-Loeza. 2011. Spatial and seasonal variation in a target fishery for spotted eagle ray *Aetobatus narinari* in the southern Gulf of Mexico. *Fish. Sci.* 77: 723-730.
- Di Natale, A. & A. Mangano. 1995. Moon phases influence on CPUE: a first analysis of swordfish driftnet catch data from the Italian fleet between 1990 and 1991. *Collect. Vol. Sci. Pap. 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, Mayagüez, Puerto Rico.
- Gudger, E.W. 1914. History of the spotted eagle ray, *Aetobatus narinari*, together with a study of its external structures. *Dept. Mar. Biol., Tortugas, Florida, Carnegie Inst. Washington* 6: 241-323.
- 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. *Environ. Biol. Fishes.* 61: 25-36.
- Heithaus, M.R., D. Burkholder, R.E. Hueter, L.I. Heithaus, H.L. Pratt & J.C. Carrier. 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., B.K. Bryan, A.J. Wirsing & M.M. Dunphy-Daly. 2009. Physical factors influencing the distribution of a top predator in a subtropical oligotrophic estuary. *Limnol. Oceanogr.* 54: 472-482.
- Hopkins, T.E. & J.J. Cech. 2003. The influence of environmental variables on the distribution and abundance of three elasmobranchs in Tomales Bay, California. *Environ. Biol. Fish.* 66: 279-291.
- Kyne, P.M., H. Ishihara, S.F.J. Dudley & W.T. White. 2006. *Aetobatus narinari*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.3 (Consultado: 12 febrero 2012, <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/39415/0>).
- Lowry, M., D. Williams & Y. Metti. 2007. Lunar landings - Relationship between lunar phase and catch rates for an Australian gamefish-tournament fishery. *Fish. Res.* 88: 15-23.
- McEachran, J.D. & M.R. de Carvalho. 2002. Batoid Fishes. The living marine resources of the Western Central Atlantic, p. 578-585. In K.E. Carpenter (ed.). FAO species identification guide for fishery purposes and American society of ichthyologists and herpetologists special publication Vol. 1. FAO, Roma, Italia.
- Megalofonou, P., D. Damalas, M. DeFlorio & G. De Metro. 2009. Modeling environmental, spatial, temporal, and operational effects on blue shark by-catches in the Mediterranean long-line fishery. *J. Appl. Ichthyol.* 25: 47-55.
- Palacio-Aponte, A., R. Silva-Casarrín, E. Bautista-Godínez, G. Posada-Venegas & G. Ruíz-Martínez. 2006. Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad, Campeche. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.
- Salas, S. & D. Gaertner. 2004. The behavioural dynamics of fishers: management implications. *Fish Fish.* 5: 153-167.
- Silliman, W. & S. Gruber. 1999. Behavioral biology of the spotted eagle ray, *Aetobatus narinari*. *Bahamas J. Sci.* 7: 13-20.
- White, W.T. & Dharmadi. 2007. Species and size compositions and reproductive biology of rays (Chondrichthyes, Batoidea) caught in target and non-target fisheries in eastern Indonesia. *J. Fish. Biol.* 70: 1809-1837.

