

Abundancia y estructura poblacional de la raya mariposa *Gymnura micrura* asociadas al arrastre camaronero en el Golfo de México

Heber Zea-de la Cruz*, Jorge Luis Oviedo-Pérez*, Juan Balderas-Telles**, Guillermo Acosta-Barbosa**, Luis Alberto Balderas-Ramírez** y Luis Idelfonso Balam-Ché***

Se estimó la abundancia y se describió la estructura poblacional de la raya mariposa *Gymnura micrura* en 2014, obtenida en 13 cruceros de investigación con 247 lances con sistema de red de arrastre camaronero en cuatro zonas del Golfo de México, en profundidades de entre nueve y 91 m y en un área barrida de 8 108.8 ha. Se registraron 1 134 organismos con un peso de 1 308.3 kg. La mayor abundancia de *G. micrura* se encontró en el litoral de Tamaulipas con 0.26 kg/ha (e intervalo de confianza IC = 0.15–0.37 kg/ha) y 0.17 org/ha (IC = 0.10–0.24 org/ha). Las hembras representaron 34.2% de los organismos y longitud de 20 cm a 86 cm de ancho de disco (AD), con 67.8% de maduras. Los machos representaron 65.8% y sus longitudes estuvieron entre 16 cm a 63 cm de AD, con 98.1% de maduros. Los machos fueron predominantes, en una proporción sexual hembras:machos de 1:1.92. Se observó que *G. micrura* se distribuye en toda la plataforma continental del Golfo de México y la mayor proporción, en el sistema de arrastre, correspondió a organismos con longitudes superiores a la longitud de madurez. Estos resultados representan la primera evaluación de la abundancia de la raya mariposa en el Golfo de México y un punto de referencia para evaluar sus posibles cambios de abundancia y estructura poblacional.

Palabras clave: Gymnuridae, distribución, arrastre camaronero, fauna de acompañamiento, elasmobranchios.

Abundance and population structure of the butterfly ray *Gymnura micrura* associated to shrimp trawl fishery in the Gulf of Mexico

This study assesses the abundance and describes the population structure of the butterfly ray *Gymnura micrura* during 2014, in 13 research cruises with 247 hauls of shrimp trawling system along four areas of the Gulf of Mexico, in depths between nine and 91 meters on a swept-area of 8 108.8 ha. A total of 1 134 organisms with a weight of 1 308.3 kg were recorded, the highest abundance of *G. micrura* was located off the coast of Tamaulipas with 0.26 kg/ha (and a confidence interval IC = 0.15 to 0.37 kg/ha) and 0.17 org/ha (IC = 0.10 to 0.24 org/ha). Females were 34.2% of the organisms and sizes ranged from 20 cm to 86 cm of disc width (AD), and 67.8% were mature. Males were 65.8% of the organisms and their sizes 16 cm to 63 cm AD, with 98.1% of mature individuals. Males were predominant with a sex ratio female: male of 1:1.92. It was observed that *G. micrura* is distributed throughout the continental shelf of the Gulf of Mexico, and most individuals in the shrimp trawl fishing, were larger than the maturity size. These results represent the first assessment of the abundance of butterfly ray in the Gulf of Mexico and a reference point to assess possible changes in abundance and population structure.

Key words: Gymnuridae, distribution, shrimp trawl, bycatch, elasmobranchs.

Introducción

La raya mariposa *Gymnura micrura* (Bloch y Schneider 1801) es una especie de batoideo que alcanza un tamaño máximo de ancho de disco

(AD) de 90 a 120 cm, se le registra desde la Bahía de Chesapeake hasta Brasil y comúnmente en el Golfo de México (McEachran y de Carvalho 2002). Se le encuentra desde la zona nerítica de la plataforma continental hasta los 40 m de profundidad

* Dirección General Adjunta de Investigación Pesquera en el Atlántico - Veracruz. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. Av. Ejército Mexicano 106, Boca del Río, Veracruz, México. CP 94298. hbr.zea@gmail.com

** Centro Regional de Investigación Pesquera - Tampico. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. Prolongación Altamira S/N, Isleta Pérez, Tampico, Tamaulipas, México. CP 89090.

*** Centro Regional de Investigación Pesquera - Lerma. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. Carretera Campeche-Lerma km 5, Lerma, Campeche, México. CP 24500.

en fondos suaves. Comúnmente se captura de manera incidental en la pesquería de arrastre de camarón en el Golfo de México y es susceptible a una variedad de artes de pesca en pesquerías costeras (Grubbs y Ha 2006¹). Presenta un intervalo de longitud media de madurez (AD_{50}) de entre 24 cm y 29 cm AD en machos y de 56.8 cm AD en hembras con gestación y vitelogenénesis concurrentes, un ciclo reproductivo anual y un alumbramiento entre febrero y julio; fecundidad de uno a 11 embriones (promedio de 4.3) y longitud de nacimiento de 21–22 cm AD (Cu-Salazar *et al.* 2014).

Ante la importancia que ha adquirido la explotación sustentable y la conservación de los tiburones y rayas, los elasmobranquios asociados al arrastre camaronero han sido estudiados de manera simultánea en los cruceros de investigación realizados por el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) para evaluar las poblaciones de camarón en el Golfo de México durante la temporada de veda.

Los elasmobranquios más representativos en el sistema del arrastre camaronero son la raya tejana *Raja texana* Chandler 1921, la raya mariposa *G. micrura*, la raya torpedo *Narcine bancroftii* (Griffith y Smith 1834), la raya guitarra *Rhinobatos lentiginosus* Garman 1880, el tiburón angelito *Squatina dumeril* Lesueur 1818 y el tiburón angelito mexicano *Squatina mexicana* Castro-Aguirre, Espinosa-Pérez y Huidobro-Campos 2007. La raya mariposa es la especie más importante en la captura incidental de elasmobranquios y representa 42.9% de la composición en peso, mientras que en abundancia relativa numérica ocupa el segundo lugar con 30.8%, superada por *R. texana* (Oviedo-Pérez *et al.* 2015²).

La raya mariposa, como todos los elasmobranquios, presenta ciertas características biológicas, como crecimiento lento, madurez sexual tardía, periodo de gestación largo y reducido

número de crías, lo que la vuelve susceptible a sobreexplotación (Helfman *et al.* 2000) tanto en capturas dirigidas como en incidentales, por ello es relevante proporcionar una evaluación de la población de la raya mariposa. El objetivo del presente trabajo fue estimar la abundancia, analizar la estructura de longitud, las relaciones morfométricas y la proporción sexual de *G. micrura* en el Golfo de México a partir de información independiente de la pesquería comercial.

Materiales y métodos

El área de estudio comprendió la parte mexicana del Golfo de México, dividida para este análisis en cuatro zonas definidas geográficamente como: zona 1, comprendida frente al litoral de Tamaulipas (26°00' y 22°00' N); zona 2, frente al litoral norte de Veracruz (22°00' y 19°30' N); zona 3, frente al litoral sur de Veracruz (19°30' y 19°00' N y desde 95°57' y 94°00' O); y zona 4, frente al litoral de Tabasco-Campeche (92°30' y 93°15' O y desde 21°30' y 19°30' N) (Fig. 1). Cada una de las zonas fue estratificada en cuadrantes de muestreo con base en la profundidad, comprendida de 9.0 m a 91 m (INAPESCA 2014³).

Los muestreos biológicos de la raya mariposa se realizaron por observadores de la Dirección General de Investigación Pesquera del Atlántico del INAPESCA, a bordo de cruceros de investigación durante 2014 (mayo a septiembre), en embarcaciones proporcionadas por el sector pesquero de la flota camaronera del Golfo de México. Estas embarcaciones son arrastreros típicos con cascos de acero, entre 20.0 m y 25.8 m de eslora, manga de entre 5.8 m y 7.0 m y puntal de entre 2.0 m y 3.6 m; equipados con motor principal Caterpillar, equipo de comunicación y navegación, video sonda y sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés). El sistema de arrastre es por banda con redes gemelas; cuatro redes de arrastre (dos por banda) con un tamaño de entre 42 pies y 50 pies de

1. Grubbs RD, DS Ha. 2006. *Gymnura micrura*. In: The IUCN 2006. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. www.iucnredlist.org. Consultado 16 de mayo de 2015.
2. Oviedo-Pérez JL, H Zea de la Cruz, G Acosta-Barbosa, J Balderas-Telles, LA Balderas-Ramírez, LE Martínez-Cruz, LI Balan-Ché, A López-Salazar. 2015. Incidentalidad de elasmobranquios asociada al arrastre camaronero en el Golfo de México durante 2014. Informe técnico (Documento interno). Dirección General de Investigación Pesquera en el Atlántico. Instituto Nacional de Pesca. México. 30p.

3. INAPESCA. 2014. Evaluación de las poblaciones de camarón en aguas marinas del Golfo de México y Mar Caribe durante la veda 2014. Documento interno. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. México. 16p.

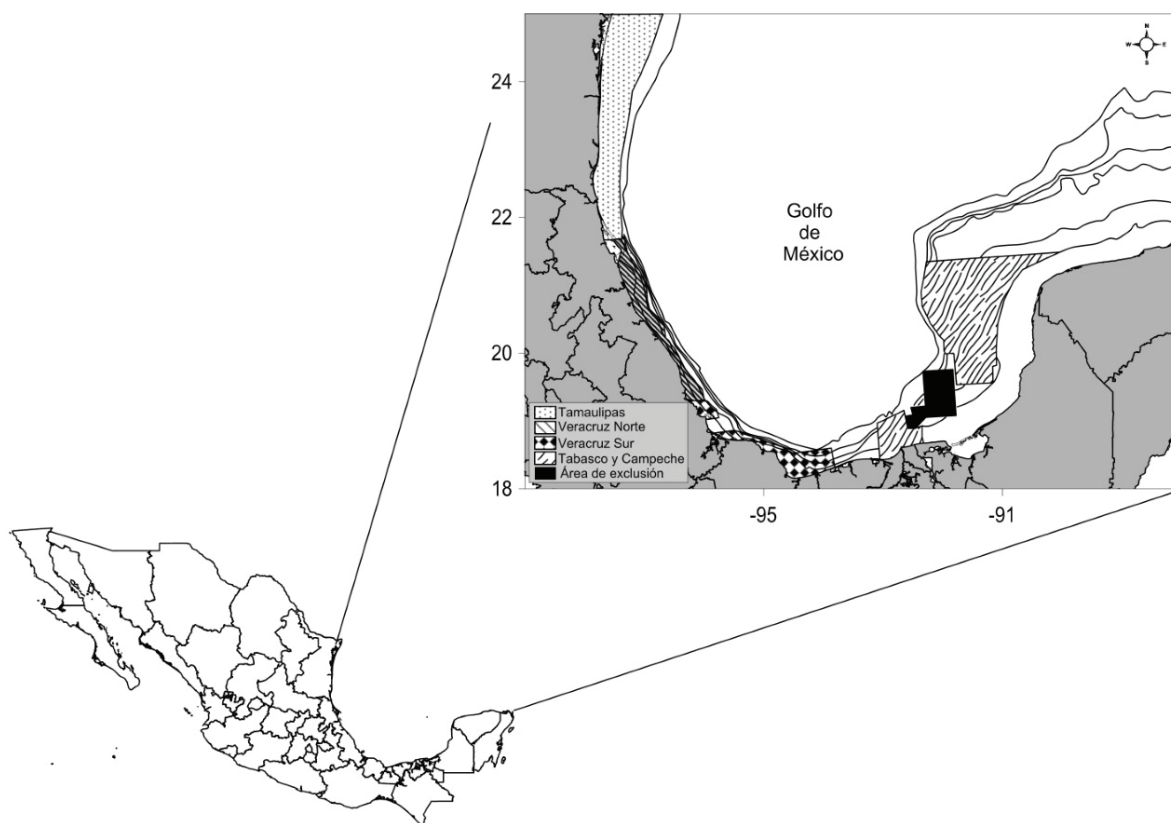


Fig. 1. Área de estudio para lances de investigación con el sistema de arrastre camaronero en el Golfo de México.

relinga superior (13.2 m a 16.4 m), luz de malla en el cuerpo de 1.75 plg (4.45 cm) y de 1.5 plg (3.81 cm) en el bolso, con dispositivos excluidores de tortugas marinas tipo Super shooter.

Los lances de investigación se realizaron en forma recta con una duración de una hora en la zona de Tabasco-Campeche y de dos horas en las zonas de Tamaulipas y Veracruz, diferencia debida a las características particulares de las zonas de muestreo (INAPESCA 2014³).

En cada lance se registró la operación de los equipos de pesca: hora de inicio y final del lance, posición geográfica, profundidad, velocidad y rumbo. Se registró el número total de organismos y el peso total de *G. micrura* en la captura de cada lance y datos biológicos como el sexo, la longitud del disco (LD) y el ancho del disco (AD) al centímetro más cercano, así como el peso total (PT) de cada individuo.

Índices de abundancia

Se estimó el índice de abundancia relativa expresado como la captura por unidad de esfuer-

zo (CPUE) en kilogramos por hora de arrastre (kg/h) y número de organismos por hora de arrastre (org/h). El índice de densidad se expresó como la captura por unidad de área, (CPUA) en kilogramos por hectárea (kg/ha) y en número de organismos por hectárea (org/ha).

El índice de abundancia relativa de la raya mariposa de cada lance i ($CPUE_i$) se estimó con la ecuación:

$$CPUE_i = \frac{C_i}{f_i} \quad \text{Ec. 1}$$

donde: C_i es la captura total de la raya mariposa en el lance i en número de individuos; f_i es el esfuerzo en horas de arrastre del lance i .

El índice de densidad para cada lance i ($CPUA_i$) con la ecuación:

$$CPUA_i = \frac{C_i}{Ab_i} \quad \text{Ec. 2}$$

donde: C_i es la captura en número de organismos y kilogramos del lance i y Ab_i es el área barrida del lance i .

El Ab_i se estableció con la ecuación 3:

$$Ab_i = t_i \times v_i \times ah_i \quad \text{Ec. 3}$$

donde: t_i y v_i son el tiempo efectivo y la velocidad de arrastre respectivamente, y ah_i es la abertura operacional de la red considerada como el tamaño de la relinga superior de la red por el factor operacional asumido a 60% de acuerdo con Klima (1976).

Se estimó el valor promedio del índice de abundancia relativa y densidad en kilogramos y número de organismos en global para el Golfo de México y para cada una de las zonas. Para ello se consideró que ésta presenta una distribución Δ (contiene una proporción de valores de cero y diferentes de cero con una distribución log normal). Dado que los datos de abundancia obtenidos en cruceros de investigación tienen una varianza tan grande como su promedio y que, por consiguiente, son valores altamente sesgados (Morales-Bojórquez *et al.* 2012), se utilizó el modelo general de Pennington (1996), debido a las propiedades de la distribución log normal, los estimadores insesgados (denotado como c y d) de la mínima varianza de la media y varianza de la distribución Δ están dados en las siguientes ecuaciones:

$$c \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(\bar{y}) g_m \left(\frac{s^2}{2} \right), m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad \text{Ec. 4}$$

y

$$d \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2\bar{y}) \left\{ g_m(2s^2) - \left(\frac{m-1}{n-1} \right) g_m \left(\frac{m-2}{m-1} s^2 \right) \right\}, m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad \text{Ec. 5}$$

donde: n es el número de observaciones, m es el número valores diferentes de cero, $y = \ln(x)$, $\bar{y}$ y s^2 son la media y la varianza de la muestra de los valores $\ln(x)$ diferentes de cero, x_i es un solo valor diferente de cero (no transformado), cuan-

do $m = 1$ y $g_m(t)$ es una función de m y t definida por Pennington (1996):

$$g_m(t) = 1 + \frac{m-1}{m} t + \sum_{j=2}^{\infty} \frac{(m-1)^{2j-1}}{m^j (m+1)(m+3) \dots (m+2j-3)} \times \frac{t^j}{j!} \quad \text{Ec. 6}$$

donde: t es una variable que toma los valores de $t_1 = (s^2/2)$, $t_2 = (2s^2)$ y $t_3 = ((m-2/m-1)s^2)$ (Cerdeñares-Ladrón de Guevara *et al.* 2012). El estimador insesgado de la mínima varianza de c ($var_{est}(c)$) está dado por la ecuación 7.

$$var_{est}(c) \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2\bar{y}) \left\{ \frac{m}{n} g_m^2 \left(\frac{s^2}{2} \right) - \left(\frac{m-1}{n-1} \right) g_m \left(\frac{m-2}{m-1} s^2 \right) \right\}, m > 1 \\ \left(\frac{x_1}{n} \right)^2, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad \text{Ec. 7}$$

Los intervalos de confianza superior e inferior a 95% de confianza se estimaron como $c \pm 2 [var_{est}(c)]^{1/2}$ (Pennington 1996).

Estructura de longitudes

Las longitudes de los individuos se analizaron bajo distribuciones de frecuencias agrupadas en un intervalo de 5 cm AD, obtenidas por zonas y por sexo.

Relaciones morfométricas

Se obtuvieron las relaciones morfométricas AD-LD y PT-AD por sexos separados mediante modelos de regresión (Ricker 1973).

La relación ancho de disco-longitud de disco (AD-LD) fue estimado para hembras y machos con un modelo lineal.

$$AD = a + b (LD) \quad \text{Ec. 8}$$

donde: a es el intercepto y b es la pendiente.

La relación de peso total-ancho de disco (PT-AD) se estimó para machos y para hembras con la ecuación del modelo potencial.

$$PT = a (AD)^b \quad \text{Ec. 9}$$

donde: a y b son las constantes de ajuste.

Para determinar diferencias estadísticas significativas entre sexos para las relaciones LD-AD se aplicó la prueba de curvas coincidentes, mediante el uso de la suma de los residuos al cuadrado (Chen *et al.* 1992).

Proporción sexual

La proporción sexual fue estimada como el cociente del número de hembras entre el número de machos, misma que fue analizada por zonas y en conjunto para el Golfo de México. La igualdad en la proporción de sexos 1:1 (hembras:machos) se evaluó utilizando la prueba de χ^2 de igualdad de dos porcentajes ($p < 0.05$) (Zar 1999).

Resultados

Se realizaron 13 cruceros de investigación en los cuales se aplicó un esfuerzo total de 247 lances, con un tiempo acumulado de arrastre de 475.4 h, 1 269.5 mn recorridas (2 351.3 km) y un área barrida de 8 108.8 ha (81.1 km²) en profundidades de entre nueve y 91 m. Se realizaron cuatro cruceros en el litoral de Tamaulipas entre mayo y julio con 87 lances, un tiempo acumulado de arrastre de 174.7 h, 478.7 mn (886.6 km) y un área barrida de 2 981.5 ha (29.8 km²) en profundidades de entre 17 m y 91 m; tres en Veracruz, zona norte, de mayo a julio con 62 lances, un tiempo acumulado de arrastre de 122.2 h, 302.3 mn (559.9 km) y área barrida de 1 925 ha (19.3 km²) en profundidades de entre 12 m y 84 m; cuatro en Veracruz, zona sur, entre mayo y agosto con 68 lances, tiempo acumulado de arrastre de 142.1 h, 383.6 mn (710.5 km) y área barrida de

2 562.9 ha (25.6 km²) en profundidades de entre 14 m y 71 m; y dos en Tabasco-Campeche en julio y septiembre con 30 lances, tiempo acumulado de arrastre de 36.4 h, 104.9 mn (194.3 km) y área barrida de 639.4 ha (6.4 km²) en profundidades de entre nueve y 64 m (Tabla 1).

La raya mariposa fue registrada en 172 de los 247 lances, por lo que se estimó una frecuencia de ocurrencia de 69.6%. Se registró a 1 134 individuos de raya mariposa con un peso total de 1 308.3 kg, de los cuales 484 individuos (651.0 kg) fueron de Tamaulipas, 189 (247 kg) de Veracruz norte, 442 (395.7 kg) de Veracruz sur y 19 (14.6 kg) de Tabasco-Campeche.

Índices de abundancia

Los índices promedio de abundancia relativa de *G. micrura* para el Golfo de México se estimaron en 2.81 kg/h (con un intervalo de confianza IC = 3.44–2.16 kg/h) y 2.17 org/h (IC = 2.64–1.70 org/h), y los índices de densidad en 0.16 kg/ha (IC = 0.20–0.13 kg/ha) y 0.13 org/ha (IC = 0.15–0.10 org/ha). Por zonas el valor promedio mayor del índice de abundancia relativa en términos de kg/h de arrastre, se estimó para Tamaulipas con 4.38 kg/h (IC = 6.28–2.47 kg/h), seguido de Veracruz sur con 3.00 kg/h (IC = 4.21–1.79 kg/h), Veracruz norte con 2.18 kg/h (IC = 2.86–1.50 kg/h) y Tabasco-Campeche con 0.33 kg/h (IC = 0.53–0.14 kg/h), mientras que en términos de org/h de arrastre, el mayor índice se estimó en Veracruz sur con 2.89 org/h (IC = 4.03–1.75 org/h), en Tamaulipas con 2.86 org/h (IC = 4.08–1.64 org/h), en Veracruz norte con 1.62 org/h (IC = 2.10–1.14 org/h) y en Tabasco-Campeche con 0.43 org/h (IC = 0.66–0.19 org/h).

Tabla 1
Resultados de esfuerzo de muestreo en cruceros de investigación en las zonas del Golfo de México

Zona	Cruceros (núm.)	Lances (núm.)	Tiempo acumulado de arrastre (h)	Distancia recorrida (mn)	Distancia recorrida (km)	Área barrida (ha)	Prof. mín (m)	Prof. máx (m)
Tamaulipas	4	87	174.7	478.7	886.6	2 981.5	17	91
Veracruz Norte	3	62	122.2	302.3	559.9	1 925.0	12	84
Veracruz Sur	4	68	142.1	383.6	710.5	2 562.9	14	71
Tabasco-Campeche	2	30	36.4	104.9	194.3	639.4	9	64
Total	13	247	475.4	1 269.5	2 351.3	8 108.8	9	91

El mayor valor en el índice de densidad, en kg/ha, se estimó en Tamaulipas con 0.26 kg/ha (IC = 0.37–0.15 kg/ha), para Veracruz sur, Veracruz norte y Tabasco-Campeche se estimó en 0.16 kg/ha (IC = 0.23–0.10 kg/ha), 0.14 kg/ha (IC = 0.18–0.10 kg/ha) y 0.02 kg/ha (IC = 0.03–0.01 kg/ha), respectivamente. Además, el mayor valor en el índice de densidad, en org/ha, se estimó en Tamaulipas con 0.17 org/ha (IC = 0.24–0.10 org/ha), para Veracruz sur, Veracruz norte y Tabasco-Campeche se estimó en 0.16 org/ha (IC = 0.22–0.10 org/ha), 0.10 org/ha (IC = 0.13–0.07 org/ha) y 0.02 org/ha (IC = 0.03–0.01 org/ha) (Tabla 2). Las estimaciones promedio de los índices de abundancia relativa y densidad por zonas se presentan de manera gráfica en la figura 2.

Estructura de longitudes

Se tomaron datos biológicos de 889 individuos, 34.2% fue de hembras (304 individuos) y 65.8% de machos (585 individuos). Las hembras presentaron longitudes superiores a las de los ma-

chos, el intervalo del ancho de disco osciló entre 20 cm y 86 cm AD en las hembras y entre 16 cm y 63 cm AD en machos. La longitud promedio en las zonas se estimó entre 54.2 cm y 63 cm AD para hembras y de 38.4 cm a 43.1 cm AD en machos. Con base en la AD_{50} , 67.8% de las hembras fueron maduras y en los machos 98.1 por ciento.

En la zona de Tamaulipas, las hembras abarcaron un intervalo de 24 cm a 86 cm AD (promedio = 63.0 cm, DE = 13.4, n = 173) y los machos de 29 cm a 51 cm AD (promedio = 40.7 cm, DE = 3.7, n = 293). En Veracruz norte se registraron hembras de 26 cm a 86 cm AD (promedio = 61.4 cm, DE = 15.6, n = 59) y machos de 25 cm a 53 cm AD (promedio = 43.1 cm, DE = 5.4, n = 130). En Veracruz sur, las hembras fueron de 20 cm a 83 cm AD (promedio = 58.6 cm, DE = 14.9, n = 67) y los machos de 27 cm a 56 cm AD (promedio = 42.0 cm, DE = 5.0, n = 154). En Tabasco-Campeche se registraron hembras de 47 cm a 63 cm AD (promedio = 54.2 cm, DE = 6.4, n = 5) y machos de 16 cm a 63 cm AD (promedio = 38.4 cm, DE = 13.0, n = 8) (Fig. 3, Tabla 3).

Tabla 2

Estimación de índices de abundancia relativa y densidad de *Gymnura micrura*, para las zonas estudiadas del Golfo de México

	Unidad de abundancia	Zona	c	$[\text{var}_{\text{est}}(c)]^{1/2}$	IC _S	IC _I	n	m
Índice de abundancia relativa	kg/h	Tamp	4.38	0.953	6.28	2.47	87	60
		VerN	2.18	0.340	2.86	1.50	62	48
		VerS	3.00	0.606	4.21	1.79	68	54
		Camp	0.33	0.096	0.53	0.14	30	10
		Global	2.81	0.322	3.44	2.16	247	172
	org/h	Tamp	2.86	0.610	4.08	1.64	87	60
		VerN	1.62	0.239	2.10	1.14	62	48
		VerS	2.89	0.569	4.03	1.75	68	54
		Camp	0.43	0.119	0.66	0.19	30	10
		Global	2.17	0.235	2.64	1.70	247	172
Índice de densidad	kg/ha	Tamp	0.26	0.055	0.37	0.15	87	60
		VerN	0.14	0.021	0.18	0.10	62	48
		VerS	0.16	0.032	0.23	0.10	68	54
		Camp	0.02	0.006	0.03	0.01	30	10
		Global	0.16	0.18	0.20	0.13	247	172
	org/ha	Tamp	0.17	0.036	0.24	0.10	87	60
		VerN	0.10	0.015	0.13	0.07	62	48
		VerS	0.16	0.030	0.22	0.10	68	54
		Camp	0.02	0.007	0.03	0.01	30	10
		Global	0.13	0.013	0.15	0.10	247	172

Tamaulipas (Tamp), Veracruz Norte (VerN), Veracruz Sur (VerS), Tabasco-Campeche (Camp), c = estimación promedio de abundancia; $[\text{var}_{\text{est}}(c)]^{1/2}$ = error estándar; IC_S y IC_I = intervalos de confianza superior e inferior a 95%; n = número de lances; m = número de lances con valores no cero.

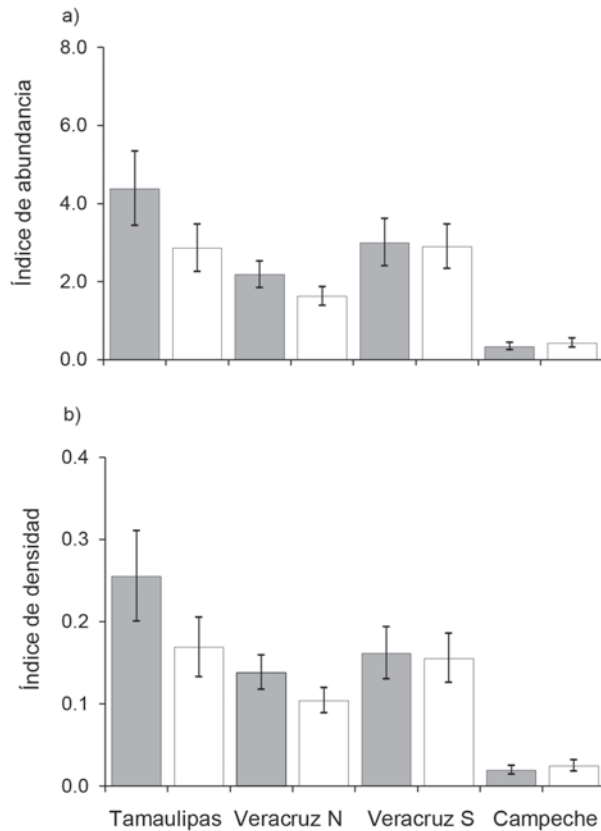


Fig. 2. Índices de abundancia relativa de la raya mariposa *Gymnura micrura*: a) en kg/h de arrastre (■), org/h arrastre (□), y b) en índices de densidad en kg/ha (■) y org/ha (□) en las zonas del Golfo de México durante 2014. Se muestra el valor promedio por zona y el error estándar.

Relaciones morfométricas

Debido a que se encontraron diferencias significativas entre sexos ($F = 307.1$, $p < 0.05$), la rela-

ción morfométrica entre el AD y la LD para hembras y machos se presenta en la figura 4. Para las hembras se estimó una ecuación de $AD = 2.990 + 1.704 (LT)$ con un coeficiente de determinación $r^2 = 0.98$ (error estándar de b (se_b) = 0.13, $n = 260$) y para los machos una ecuación de $AD = 5.059 + 1.473 (LT)$ con $r^2 = 0.94$ ($se_b = 0.02$, $n = 478$).

El peso total varió en las hembras entre 0.1 kg y 6.4 kg, el valor más alto correspondió a un organismo de 86 cm AD; en los machos, entre 0.07 kg y 1.4 kg, el máximo fue para un organismo de 53 cm AD. En la relación PT-AD se encontraron diferencias significativas entre hembras y machos ($F = 186.1$, $p < 0.05$), por lo que se estimó una ecuación para cada sexo. La ecuación para las hembras fue $PT = 4.35 \cdot 10^{-6} \cdot AD^{3.17}$, con $r^2 = 0.97$ ($se_b = 0.04$, $n = 208$) y para los machos fue $PT = 2.72 \cdot 10^{-6} \cdot AD^{3.30}$ con $r^2 = 0.92$ ($se_b = 0.06$, $n = 269$) (Fig. 5).

Proporción sexual

El análisis de proporción sexual indicó que los machos fueron predominantes en el Golfo de México, de manera global la proporción de hembras a machos fue de 1:1.92, lo que difiere significativamente con respecto a la igualdad de sexos de 1:1 ($\chi^2 = 88.82$, $p < 0.05$, d.f. = 1). De manera individual por zonas, la proporción sexual varió entre 1:1.6 a 1:2.3 (Tabla 3) y difiere de la igualdad de sexos, a excepción de lo encontrado en la zona de Tabasco-Campeche donde ésta fue similar ($\chi^2 = 0.69$, $p < 0.05$; d.f. = 1).

Tabla 3

Estadística descriptiva y proporción sexual de la raya mariposa *Gymnura micrura* en las zonas estudiadas del Golfo de México

Zona	Sexo	Promedio	Mediana	DE	mín.	máx.	n	H:M
Tamaulipas	H	63.0	65.0	13.4	24	86	173	1:1.7
	M	40.7	41.0	3.7	29	51	293	
Veracruz N	H	61.4	64.0	15.6	26	86	59	1:2.2
	M	43.1	44.0	5.4	25	53	130	
Veracruz S	H	58.6	62.0	14.9	20	83	67	1:2.3
	M	42.0	71.0	5.0	27	56	154	
Tabasco-Campeche	H	54.2	55.0	6.4	47	63	5	1:1.6
	M	38.4	38.0	13.0	16	63	8	

DE = Desviación estándar, mín. = mínimo, máx. = máximo, n = número de organismos y H:M = proporción sexual hembras:machos.

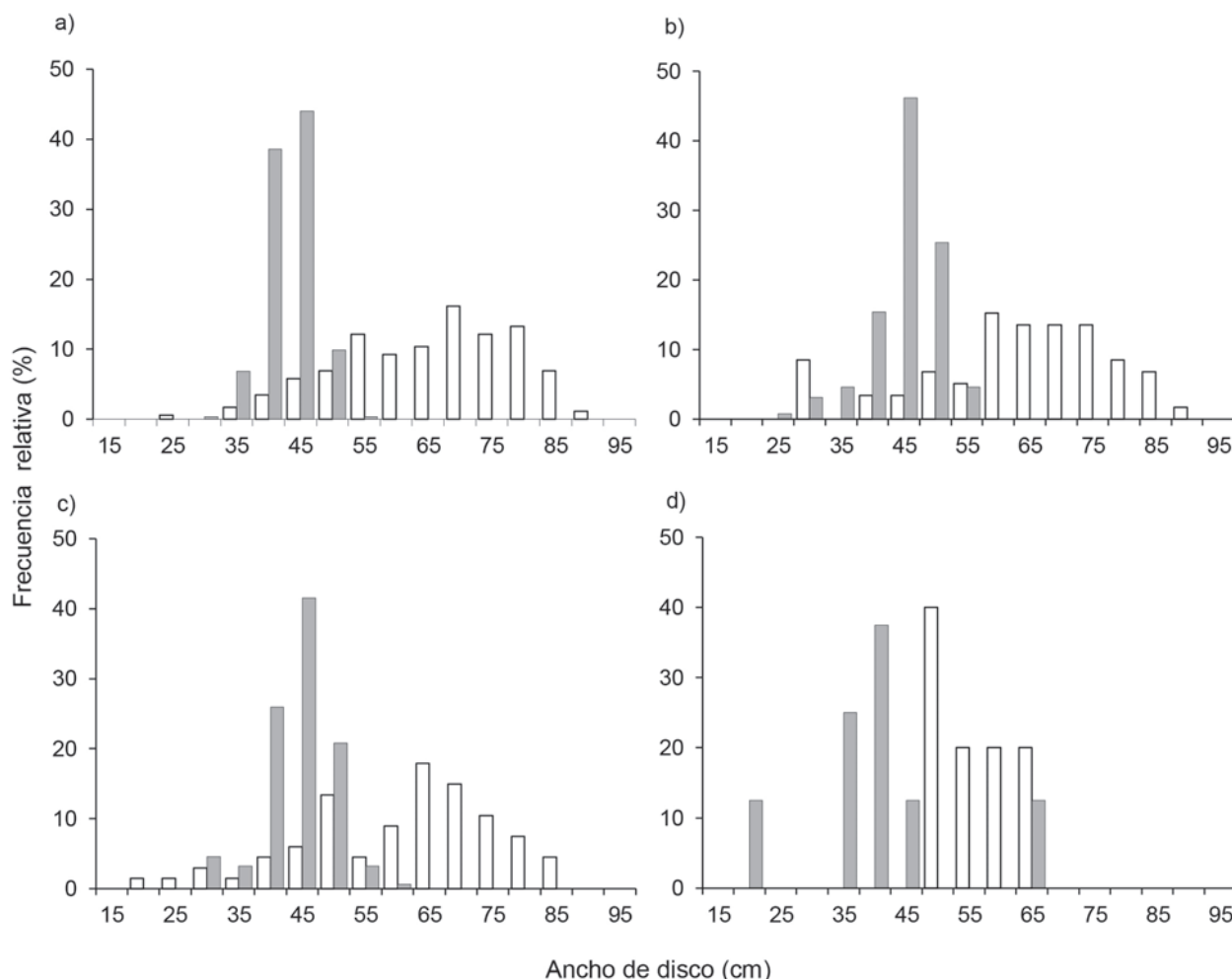


Fig. 3. Estructura de longitudes de hembras (□) y machos (■) de la raya mariposa *Gymnura micrura* en lances de investigación con el sistema de arrastre camaronero en las zonas del Golfo de México durante 2014: a) Tamaulipas, b) Veracruz Norte, c) Veracruz Sur y d) Tabasco-Campeche.

Discusión

En el litoral del Golfo de México y mar Caribe, la pesca de arrastre de camarón es una de las más importantes. Durante 2013 se estimó un volumen de producción en peso vivo de 8 856 t capturado en mar abierto por una flota pesquera de 330 embarcaciones (CONAPESCA 2014). Estas embarcaciones utilizan como arte de pesca redes de arrastre de fondo (red camaronera) y se caracterizan por capturar un gran volumen de fauna de acompañamiento.

En monitoreos de lances comerciales durante el 2014, Oviedo-Pérez *et al.* (2015²), reportaron que en el sistema de arrastre camaronero en el Golfo de México se capturan incidentalmente

14 especies de elasmobranquios, de los cuales la raya mariposa *G. micrura* es la más abundante y representa 42.9% en peso y 30.8% en abundancia relativa numérica. Asimismo, *G. micrura* ha sido reportada en este mismo arte de pesca en el Caribe de Colombia (Acevedo *et al.* 2007) y en la región del noreste de Brasil en la pesca de arrastre de fondo (Yokota *et al.* 2012); esta particularidad puede deberse a sus hábitos bentónicos, donde opera el sistema de arrastre.

En zonas del Pacífico mexicano se ha reportado a *Gymnura marmorata* (Cooper 1864) como una de las 21 especies de elasmobranquios en la pesca de arrastre de camarón en el Golfo de Tehuantepec (Medina-Bautista 2011) y, en el Golfo de California, *Urobatis halleri* (Cooper 1863)

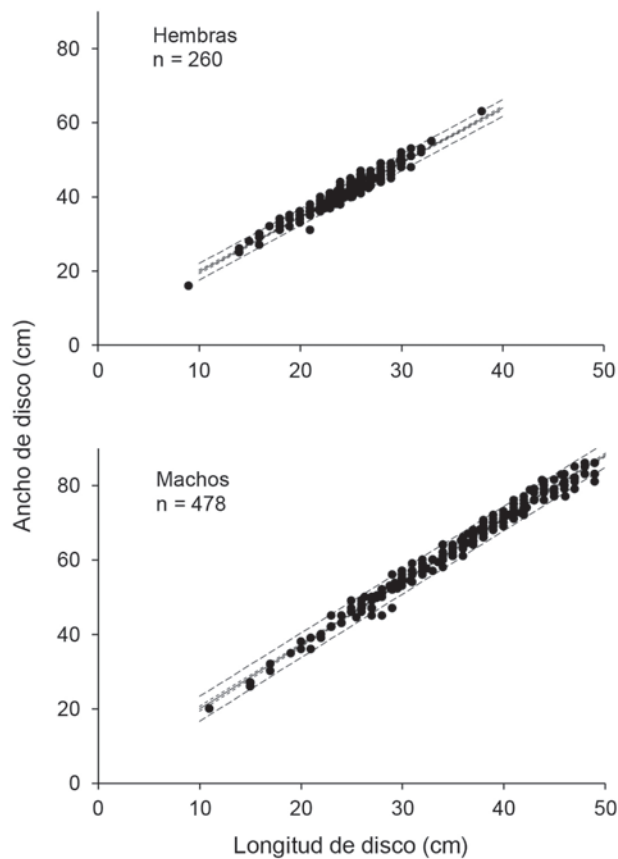


Fig. 4. Relaciones de ancho de disco-longitud de disco de hembras y machos de *Gymnura micrura* en el Golfo de México. Se presentan los intervalos de confianza (---IC) y los límites de predicción (—IP) a 95 por ciento.

es la especie dominante en la fauna de acompañamiento donde se ha reportado riesgo para la especie por sus altas tasas de mortalidad y explotación (Morales-Azpeitia *et al.* 2013).

Este estudio evidencia que la raya mariposa *G. micrura* está presente en toda la plataforma continental de la parte mexicana del Golfo de México, en profundidades mayores a 90 m. Los índices de abundancia relativa y densidad indican que *G. micrura* tiene mayores concentraciones en el litoral de Tamaulipas (4.38 kg/h, 2.86 org/h, 0.26 kg/ha, 0.17 org/ha). Este resultado difiere de lo reportado por Wakida-Kusunoki *et al.* (2013), quienes en una evaluación de distribución y abundancia de la fauna acompañante del camarón en la costa de Tamaulipas, refieren que los datos obtenidos no permiten aportar información relevante, y reportan únicamente la presencia de tres organismos de *G. micrura* con

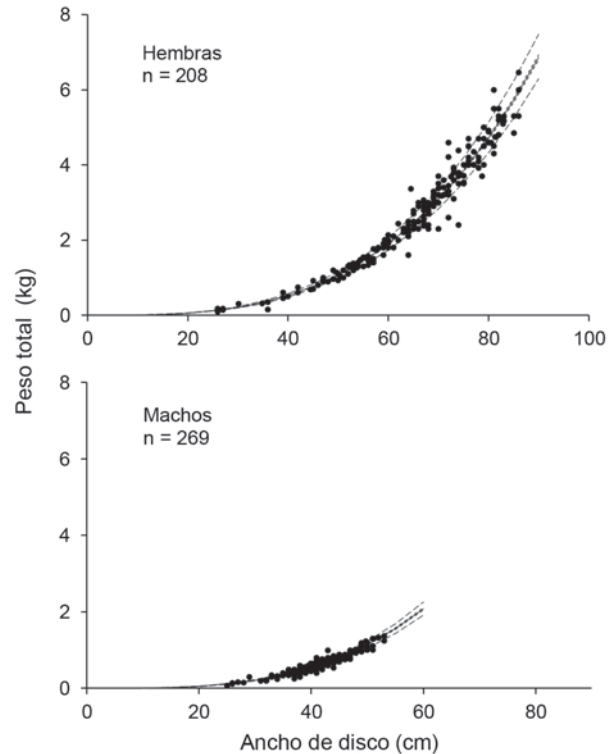


Fig. 5. Relaciones de peso total-ancho de disco de: hembras y machos de *Gymnura micrura* en el Golfo de México. Se presentan los intervalos de confianza (---IC) y los límites de predicción (—IP) a 95 por ciento.

longitudes de 230 mm de longitud total. Esta dissimilitud puede atribuirse al origen y a la cantidad de muestra de fauna de acompañamiento (FAC). En el caso del litoral de Tabasco-Campeche, es necesario incrementar los esfuerzos de muestreos para contar con mayor información que arroje resultados robustos de abundancia, ya que se contó un número reducido de lances en comparación con los de otras zonas.

La raya mariposa es importante en el aspecto comercial en pesquerías artesanales en el Golfo de México. A partir de muestreos realizados durante 2015, Oviedo-Pérez y Zea-de la Cruz (2016⁴) reportaron a esta especie como la segunda más importante de los batoideos (28.0%) en la flota palangrera en el centro del estado de

4. Oviedo-Pérez JL, H Zea-de la Cruz. 2016. Caracterización biológico pesquera de la pesquería de elasmobranquios en Veracruz. Informe técnico (Documento interno). Dirección General de Investigación Pesquera en el Atlántico. Instituto Nacional de Pesca. 24p.

Veracruz, superada únicamente por la raya blanca *Dasyatis americana* Hildebrand y Schroeder 1928 (63.2%), mientras que en San Pedro, Tabasco, son capturadas con palangre de fondo y por embarcaciones menores con redes camarónicas en localidades de Campeche (Cu-Salazar *et al.* 2014).

Las hembras de *G. micrura* alcanzan mayor tamaño (86 cm AD) que los machos (63 cm AD). Este comportamiento es característico de especies del género *Gymnura*. Dávila-Ortiz (2002) y Burgos-Vázquez (2013) reportaron para *G. marmorata*, en Bahía Almejas y la costa occidental de Baja California Sur, una longitud máxima de 122.0 cm y 131.0 cm AD para hembras y, para machos, 91.5 cm y 99.0 cm AD respectivamente. Capapé *et al.* (1992) reportaron para *Gymnura altavela* (Linnaeus 1758) longitudes máximas de 162.0 cm AD para las hembras y 114.0 cm AD para machos.

Esta característica de dimorfismo sexual pudiera estar relacionada con estrategias reproductivas. Walmsley-Hart *et al.* (1999) concluyeron que las hembras del género *Raja* alcanzan mayor longitud para portar los huevos en la cavidad del cuerpo. Teóricamente, las hembras más grandes son capaces de tener en cada evento reproductivo embriones de mayor longitud (Yokota *et al.* 2012).

La proporción sexual hembras:machos de *G. micrura* en el Golfo de México (1:1.92) difiere de lo reportado en la región de Mumbai por Gopal-Raje (2003), donde las hembras fueron predominantes sobre los machos (1.73:1), así como de lo reportado para *G. marmorata* por Burgos-Vázquez (2013), quien reportó diferencias significativas a favor de las hembras (2.15:1). En las capturas de la flota artesanal fueron reportados similares resultados por Cu-Salazar *et al.* (2014) para la zona de Tabasco-Campeche (142 hembras: 8 machos) y atribuyen el número reducido de machos posiblemente a la selectividad de los equipos de pesca y a la profundidad a la que operaron las flotas pesqueras. La predominancia de los machos en este estudio puede referir a las segregaciones por tamaño y por sexos comúnmente registradas en las capturas de especies de elasmobranquios (Hoening y Gruber 1990), así como a una segregación espacio-temporal.

La mayor cantidad de organismos registrados fue de adultos, 67.8% en el caso de las hembras y 98.1% en los machos, ya que su longitud de captura en el arrastre camaronero fue superior a la AD_{50} reportada por Cu-Salazar *et al.* (2014) en el sureste del Golfo de México (56.8 cm AD para hembras y 29 cm AD para machos). Asimismo, las longitudes promedio de captura en las zonas de Tamaulipas y Veracruz fueron superiores a esta AD_{50} , salvo en la zona de Tabasco-Campeche, en la que dicha longitud fue inferior. Lo anterior parece indicar que a pesar de la magnitud de los efectos negativos de la pesca de arrastre de camarón, la relación *stock*-reclutamiento de la población de *G. micrura* no está afectada, ya que los organismos capturados en su mayoría son adultos. Sin embargo, Shepherd y Myers (2005) han reportado que la población de *G. micrura* se redujo a menos de 1% desde 1972 en el norte del Golfo de México. Por ello es necesario analizar una serie temporal con datos de abundancia que permita establecer tendencias y evaluar posibles cambios en el tamaño de la población de *G. micrura* en la parte mexicana del Golfo de México.

Actualmente no se ha evaluado el impacto del sistema de arrastre camaronero en el Golfo de México para la raya mariposa, basado en tasas de mortalidad, cambios en los índices de abundancia o riesgo ecológico, es por ello que, si se considera que se trata de una especie común en la captura incidental, es necesario desarrollar la adaptación de tecnologías al sistema de arrastre camaronero, que podría disminuir afectaciones a la población de la raya mariposa por captura incidental.

Estos resultados proveen la primera evaluación de abundancia de la raya mariposa *G. micrura* para cada una de las cuatro zonas del Golfo de México, que a pesar de ser una estimación estacional de primavera-verano, representa un punto de referencia para evaluar posibles cambios de abundancia y estructura poblacional de la raya mariposa después de las temporadas de pesca comercial con el arrastre camaronero, ya que la pérdida o la reducción de la raya mariposa pudiera ocasionar alteraciones en la función y en la estructura del ecosistema del Golfo de México.

Agradecimientos

A los observadores a bordo de embarcaciones camaroneras, por el esfuerzo en la realización de los muestreos; a los armadores, por su participación y su apoyo al proporcionar sus embarcaciones para llevar a cabo los cruceros de investigación. A los capitanes y tripulantes de los barcos que participaron en las campañas de pesca de arrastre de camarón.

A Pedro C. Reyna-González del INAPESCA y a los revisores anónimos por contribuir a mejorar la calidad del presente trabajo. Asimismo, se reconoce al proyecto “Incidentalidad de elasmobranchios asociada al arrastre camaronero en el Golfo de México durante 2014”, como fuente de información.

Literatura citada

- Acevedo K, J Bohórquez-Herrera, F Moreno, C Moreno, E Molina, M Grijalba-Bendeck, P Gómez-Canchong. 2007. Tiburones y rayas (Subclase Elasmobranchii) descartados por la flota de arrastre camaronero en el Caribe de Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 12(2): 69–79.
- Burgos-Vázquez MI. 2013. Biología reproductiva de la raya mariposa *Gymnura marmorata* (Cooper 1864) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, BCS, México. 93p.
- Capapé C, J Zaouali, JA Tomasini, J Bouchereau. 1992. Reproductive biology of the spiny butterfly ray, *Gymnura altavela* (Linnaeus 1758) (Pisces: Gymnuridae) from off the Tunisian coast. *Scientia Marina* 56(4): 347–355.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara G, E Morales-Bojórquez, S Ramos-Carrillo, G González-Medina. 2012. Variation in relative abundance and mean size of the sailfish *Istiophorus platypterus* caught by the artisanal fleet in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Ciencias Marinas* 38(3): 551–562.
- Chen Y, DA Jackson, HH Harvey. 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49(6): 1228–1235.
- CONAPESCA. 2014. *Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2013*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. SAGARPA. México. 295p.
- Cu-Salazar NH, JC Pérez-Jiménez, I Méndez-Loeza, M Mendoza-Carranza. 2014. Parámetros reproductivos de las hembras de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Elasmobranchii) en el sur del Golfo de México. *Hidrobiológica* 24(2): 109–117.
- Dávila-Ortiz J. 2002. Biología reproductiva de la raya mariposa *Gymnura marmorata* (Cooper 1863), en Bahía Almejas, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 38p.
- Gopal-Raje S. 2003. Some aspects of biology of four species of rays off Mumbai water. *Indian Journal of Fisheries* 50(1): 89–96.
- Klima EF. 1976. An assessment of the fish stocks and fisheries of the Campeche Bank. *WECAF Studies* 5: 24p.
- Helfman GS, BB Collette, DE Facey. 2000. *The diversity of fishes*. Blackwell Science. Massachusetts, EU. 528p.
- Hoenig JM, SH Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. In: HL Pratt Jr, SH Gruber, T Taniuchi (eds.). *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries*. United States Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS 90: 1–16.
- McEachran JD, MR de Carvalho. 2002. Gymnuridae. In: KE Carpenter (ed.). *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Volume 1. Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. FAO, Roma, pp: 575–589.
- Medina-Bautista J. 2011. Elasmobranchios capturados por la pesquería de arrastre de camarón en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar. Oax., México. 109p.
- Morales-Azpeitia R, J López-Martínez, CH Rábago-Quiroz, MO Nevárez-Martínez, E Herrera-Valdivia. 2013. Growth and mortality rates of *Pseudupeneus grandisquamis* and *Urobatis halleri* bycatch species in the shrimp fishery. *Hidrobiológica* 23(3): 386–393.
- Morales-Bojórquez E, J Madrid-Vera, JG Díaz-Uribe, H Aguirre-Villaseñor, A Liedo-Galindo, D Chávez-Herrera, J Melchor-Aragón, H Muñoz-Rubí, A Hernández-López. 2012. Distribución y

- abundancia de camarón café (*Fanfantepeanaeus californiensis*) en el norte de Sinaloa, México. En: J López-Martínez, E Morales-Bojórquez (eds.). *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp: 385–398.
- Pennington M. 1996. Estimating the mean and variance from highly skewed marine data. *Fishery Bulletin* 94: 498–505.
- Ricker WE. 1973. Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30(3): 409–434.
- Shepherd TD, RA Myers. 2005. Direct and indirect fishery effects on small coastal elasmobranchs in the northern Gulf of Mexico. *Ecology Letters* 8: 1095–1104, doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00807.x
- Yokota L, R Goitein, MD Gianeti, RTP Lessa. 2012. Reproductive biology of the smooth butterfly ray *Gymnura micrura*. *Journal of Fish Biology* 81(4): 1315–1326, doi:10.1111/j.1095-8649.2012.03413.x.
- Wakida-Kusunoki AT, I Becerra-de la Rosa, A González-Cruz, LE Amador-del Ángel. 2013. Distribución y abundancia de la fauna acompañante del camarón en la costa de Tamaulipas, México (Veda del 2005). *Universidad y Ciencia* 29(1): 75–86.
- Walmsley-Hart SA, WHH Sauer, CD Buxton. 1999. The biology of the skates *Raja wallacei* y *R. pullopunctata* (Batoidea: Rajidae) on the Agulhas Bank, South Africa. *South African Journal of Marine Science* 21:165–179, doi:10.2989/02577619978126051
- Zar JH. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. 663p.

Recibido: 13 de octubre de 2015.

Aceptado: 7 de abril de 2016.