

Aspectos reproductivos del tiburón azul *Prionace glauca* capturado por la flota palangrera de mediana altura del Puerto de Manzanillo, Colima

Angélica Cruz-Ramírez*, Sandra Rita Soriano-Velásquez, Heriberto Santana-Hernández,
Cecilia Esperanza Ramírez-Santiago y Donaldo E. Acal-Sánchez

Se estudiaron aspectos reproductivos de *Prionace glauca* durante el periodo de abril 2006 a abril de 2007. Los datos biológicos se recolectaron a bordo de las embarcaciones tiburonerías de mediana altura del Puerto de Manzanillo, Colima. El tiburón azul registró dos picos de abundancia relativa en abril y septiembre de 2006 (primavera-verano), predominando los adultos (56.52%). El intervalo de tallas fue de 77 a 274 cm de longitud total (LT) con $\bar{X} = 197.52 \pm 2.62$ cm LT. Las hembras presentaron mayor abundancia (1H:0.73M). Se estimó la talla media de primera madurez (Tpm) de 175 cm LT tanto en hembras como machos a través del modelo de la ecuación logística ajustado por máxima verosimilitud, utilizando la distribución binomial de los residuos. Se observaron machos adultos a principios de primavera de 2006; mientras que las hembras preñadas se registraron en primavera y verano. Se observaron hembras con ovocitos de 15 a 20 mm de diámetro a finales de primavera y hembras con embriones en verano (julio y principios de septiembre 2006). Sus embriones presentaron tallas de 5 a 18.6 cm LT con $\bar{X} = 11.61 \pm 0.21$ cm LT. Se estimó la fecundidad de cinco a 52 crías y $\bar{X} = 30 \pm 6$ crías por hembra. Los resultados sugieren que el tiburón azul presenta un ciclo reproductivo bianual consecutivo con un periodo de descanso de un año, que le permite acumular las reservas necesarias para la producción de ovocitos maduros y posteriormente llevar a cabo la ovulación seguida de un periodo de gestación de nueve a 12 meses.

Palabras clave: Tiburón azul, hembra preñada, reproducción, flota de mediana altura, Manzanillo.

Reproductive aspects of blue shark *Prionace glauca* caught by longline medium sized fleet from Manzanillo Port, Colima

Reproductive aspects of blue shark *Prionace glauca* were studied from April 2006 to April 2007. Biological data were collected onboard medium sized vessels of the Manzanillo Port, Colima. The blue shark showed two abundance peaks in April and September 2006 (spring-summer), with adults predominating (56.52%). The size range was from 77 to 274 cm total length (TL) with $\bar{X} = 197.52 \pm 2.62$ cm TL. Females had a higher abundance (1F: 0.73M). We estimated the sexual maturity size (Tpm) at 175 cm TL for both females and males through the logistic equation model fitted by maximum likelihood, using the binomial residual distribution. Male adults were observed at the beginning of spring 2006, while mature pregnant females were recorded in spring and summer. Females with oocytes sizes 15 to 20 mm diameter were observed in late spring, and females with embryos in summer (July and early September 2006). Its embryos had sizes of five to 18.6 cm TL with $\bar{X} = 11.61 \pm 0.21$ cm TL. Fecundity was five to 52 offsprings, $\bar{X} = 29.89 \pm 5.83$ offsprings per female. Results suggest that the blue shark has a consecutive biannual cycle with a resting period of one year, which allows it to accumulate the necessary reserves for mature oocytes production and subsequently perform ovulation followed by a gestation period of nine to 12 months.

Key words: Blue shark, pregnant female, reproduction, medium sized vessels, Manzanillo.

Introducción

El tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) es un pez cartilaginoso de la familia Carcharhinidae, con una distribución amplia, principalmen-

te en áreas tropicales y templadas de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. En el océano Pacífico habita en aguas pelágicas y neríticas de 4° a 37° N y de 104° a 157° O, con temperaturas de 14°C a 27°C (Holts *et al.*, 2001; Weng *et al.*, 2005); prefiriendo aquellas entre 7°C y 16°C (Compagno, 1984). A través del análisis de las capturas de la flota palangrera en el océano Pacífico se ha documentado que esta especie realiza movimientos

* Instituto Nacional de Pesca, SAGARPA, Pitágoras 1320, Col. Sta. Cruz Atoyac México, D.F. 03310. cruzram_ange@hotmail.com

migratorios de norte a sur durante los meses de octubre-noviembre y de sur a norte durante junio (Bigelow *et al.*, 1999; Mendizábal y Oriza *et al.*, 2000). En cuanto a los estudios que se han realizado sobre *P. glauca*, dirigidos hacia aspectos reproductivos, están Pratt (1979, 1993) quien reporta tallas de primera madurez (Tpm) de 220 cm LT en machos y de 178 a 227 cm LT en hembras en aguas del Atlántico, Nakano (1994), Nakano y Seki (2003) obtienen tallas de madurez a los 203 cm LT en machos y de 186 a 212 cm LT en hembras en aguas del océano Pacífico norte. En el Pacífico mexicano, Reyes-González (2001) registró una Tpm de 199 cm LT en hembras y de 142 a 175 cm LT en machos, Guerrero-Maldonado (2002), de 190 y 162 cm LT en hembras y machos respectivamente; por su parte, Carrera-Fernández *et al.* (2010) obtuvieron una Tpm de machos de 145 a 180 cm LT y en hembras de 170 a 200 cm LT. Otros autores, como Giacomo-Sietze Palavicini de Witte (2002) y Blanco-Parra *et al.* (2008) han realizado estudios de edad y crecimiento de *P. glauca*. Vélez-Marín *et al.* (1994¹) y Santana-Hernández (1989, 1997) describieron las actividades de la flota palangrera de Manzanillo, Colima, identificando a *P. glauca* en sus capturas.

El presente estudio tiene como objetivo aportar mayor conocimiento de la biología reproductiva del tiburón azul *P. glauca*, que permita obtener elementos para la determinación de la talla de primera madurez sexual, fecundidad y ciclos reproductivos, que son pauta importante para el ordenamiento y el aprovechamiento de los tiburones.

Materiales y métodos

La recolecta de datos se realizó a bordo de embarcaciones palangreras de mediana altura del Puerto de Manzanillo durante el periodo que va de abril 2006 a abril 2007; las zonas de pesca de tiburón de esta flota se encuentran limitadas al

norte por Cabo Corrientes, Jalisco, y al sur por punta Mangrove, Michoacán, siempre perpendicular a la costa dentro de la zona económica exclusiva del Pacífico mexicano (Fig. 1). Esta región forma parte del océano Pacífico central oriental. Se determinaron los organismos en la categoría de especie de acuerdo con las claves de Castro (1983) y Compagno (1984). De cada ejemplar se registró la longitud total (LT); adicionalmente, para los machos se tomó la longitud externa del gonopterigio (LC) medida de la cloaca a la punta del gonopterigio. Todas las longitudes se tomaron con un ictiómetro en posición natural del tiburón al centímetro más cercano, excepto en el caso del largo y el ancho de ovario, glándula oviducal, testículo y longitud del gonopterigio (que se anotaron al milímetro más cercano). En las hembras preñadas se registró el número de embriones, el sexo y la longitud total de cada embrión. El sexado de los tiburones se realizó mediante la identificación de los órganos copuladores denominados gonopterigios (Lagler *et al.*, 1997), en el caso de los machos. La asignación del estado de madurez se realizó siguiendo la escala con base en el desarrollo ontogénico descrita por Castro (1983).

Asimismo, se tomaron en cuenta las características auxiliares, tanto internas como externas, para hembras y machos. *Hembras: características externas:* himen, cicatriz de cópula; *características internas:* tamaño de los ovocitos, tamaño y flacidez del ovario, tamaño de la glándula oviducal, aspecto del útero, presencia de embriones. *Machos: características externas* (observación de los gonopterigios): rotación, vascularización, calcificación, expansión del rhipiodón; *características internas:* presencia de fluido seminal en el epididimo superior, media e inferior, así como el tamaño y aspecto de los testículos.

La estructura de tallas se obtuvo mediante la construcción de histogramas de frecuencia con intervalo de clase de cinco centímetros obtenido con la regla de Sturges, así como también se obtuvo la estadística descriptiva.

La proporción de sexos se obtuvo para cada estadio de madurez, dividiendo el número total de machos entre el número total de hembras; se aplicó la prueba de χ^2 , con gl = 1 y significancia de $p = 0.05$, con el fin de determinar si existen diferencias significativas (Daniel, 2002).

1. VÉLEZ-MARÍN R, FF Márquez, D Mendizábal-Oriza y JJ Valdez-Flores. 1994. Examen de la pesca de pelágicos mayores en un barco comercial palangrero en el Pacífico central de México (octubre-noviembre, 1988). *Resumen IX Simposium de Biología Marina, UABCS*, México, pp: 133-148.

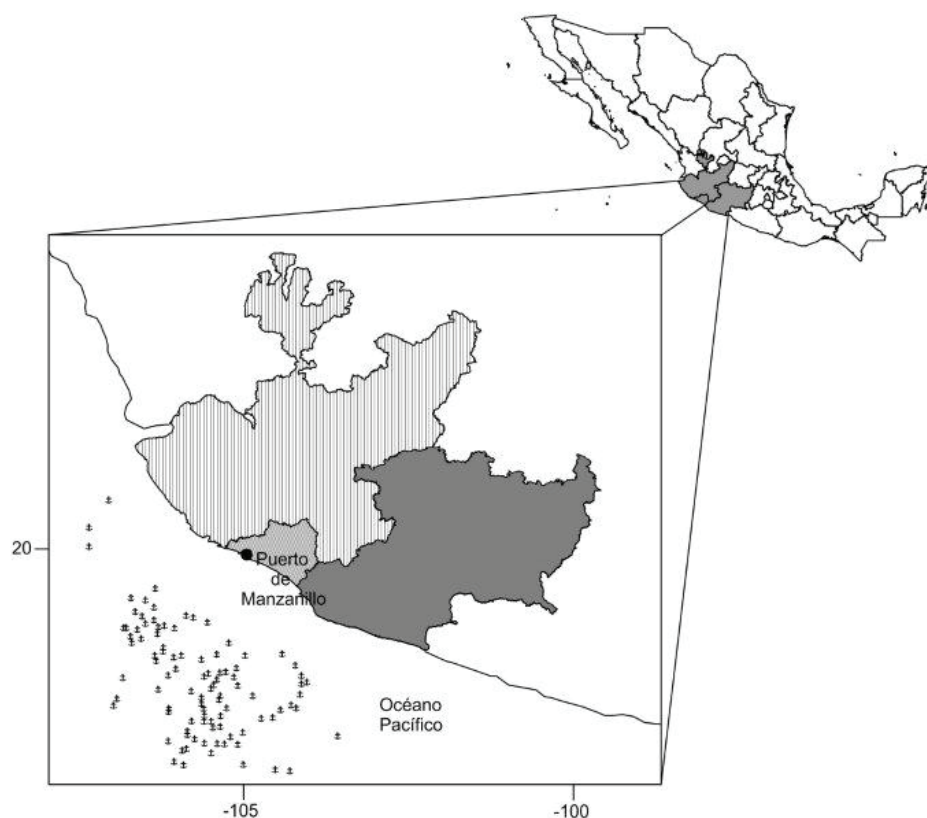


Fig. 1. Área de estudio y sitios de muestreos de *Prionace glauca*, periodo abril 2006-abril 2007.

$$\chi^2 = \sum \left(\frac{O_i - E_i}{E_i} \right)^2 \quad \text{Ec. 1}$$

$$\text{Tpm} = 1 / [1 + (e^{(a-b \cdot \text{LT})})] \quad \text{Ec. 2}$$

La talla media de primera madurez (Tpm), en la que 50% de los individuos está maduro, se estimó utilizando el modelo logístico, para lo cual primero se obtuvo la frecuencia de individuos (intervalos de clase de cinco centímetros de longitud) de organismos inmaduros (estadios I, II) y maduros (estadios III y IV). Estos estadios fueron asignados para hembras y machos tomando en cuenta sus características internas y externas. Posteriormente, el modelo se ajustó por máxima verosimilitud usando una distribución binomial de los residuos contenido en la rutina Solver de Microsoft Excel (Haddon, 2001; con modificaciones de Fernández-Méndez, 2006 *com. pers.*²).

Para la relación hembra-número de embrión se utilizó la ecuación de la regresión lineal:

$$Y = a + bx \quad \text{Ec. 3}$$

La fecundidad se estimó con el promedio aritmético del número total de embriones por camada, y se realizó la estadística descriptiva. El crecimiento embrionario se determinó analizando el incremento de la longitud de los embriones en función del tiempo (meses).

Se observó la relación entre la LT y LC en machos y su tendencia vertical, que refleja el estado de transición de los organismos inmaduros a maduros (Pratt, 1979; Castro 1993); así como la relación entre la LT y ancho y largo del testículo. En el caso de las hembras se realizó este mismo análisis entre la LT con el diámetro del ovario y la glándula oviducal que indica el comienzo del

2. FERNÁNDEZ-MÉNDEZ JI. 2006. Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), Pitágoras 1320, Col. Sta. Cruz Atoyac México, D.F. C.P. 03310.

periodo de madurez (Natanson y Cailliet, 1986), y para detectar diferencias significativas se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un grado de significancia de $p \leq 0.05$ (Daniel, 2002).

Resultados

En el periodo de estudio se analizaron 161 organismos de *P. glauca*, de los cuales 93 fueron hembras y 68 machos. La especie estuvo presente durante todo el año, si bien mostró mayor abundancia en abril y septiembre de 2007 (Fig. 2).

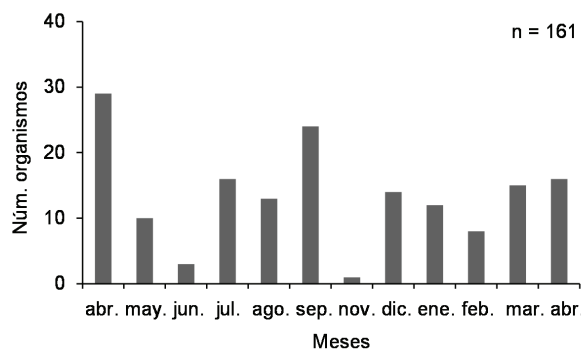


Fig. 2. Abundancia estacional de *Prionace glauca* en el periodo de abril 2006-abril 2007.

Proporción entre los sexos. La proporción entre los sexos fue de 1H:0.73M ($\chi^2 = 3.92$; $p < 0.05$); en adultos fue de 1H:0.69M ($\chi^2 = 1.14$; $p < 0.05$) y en juveniles de 1H:0.89M ($\chi^2 = 0.43$; $p < 0.05$). La prueba de χ^2 dio como resultado que la proporción de sexos 1:1 fue significativa para el total

de organismos y para los adultos, mientras para los organismos juveniles no lo fue.

Estructura de tallas. El intervalo de tallas de *P. glauca* para ambos sexos fue de 77 a 274 cm LT, presentando la talla mínima y la máxima las hembras. Las tallas mínimas y máximas de los organismos adultos fueron 175 y 262 cm LT. En juveniles el intervalo fue 77 a 185 cm LT (Tabla 1).

Estadios de madurez. De los 161 organismos de *P. glauca*, 21.12% fue de juveniles (fase II), 78.88% adultos (fase III). En el caso de las hembras (93 organismos), 41.94% correspondió a organismos adultos, 19.35% a juveniles y el restante 38.71% hembras preñadas. Los machos se dividieron en: 76.47% adultos y 23.53% juveniles. Durante el presente estudio no se registraron neonatos de *P. glauca*.

Talla media de madurez. Estimada tanto para hembras como para machos, ésta fue de 175 cm LT (Figs. 3a y 3b) con intervalos de confianza (95%) de 169 a 179 cm LT en las hembras y de 163 a 182 cm LT en machos.

Hembras preñadas. La mayor abundancia de las hembras preñadas se registró en mayo y julio de 2006. A principios de julio se observaron hembras que presentaron marcas de cópula (mordeduras en el dorso y en las aletas pélvicas), además contenían ovocitos en el ovario o en el útero de 15-20 mm de diámetro. Asimismo, en los meses de julio, agosto y septiembre de 2006 se encontraron hembras con embriones en sus úteros.

Relación longitud de hembra preñada y número de embriones y talla promedio de embriones. La

Tabla 1

Estadísticos de los organismos de *Prionace glauca*: LT máx = Longitud máxima, LT mín = Longitud mínima, media, moda, n = núm. organismos, S = desviación estándar, S² = varianza, Error St = error estándar y C.V. = coeficiente de variación

	LT mín	LT máx	media	moda	n	S	S ²	Error St	C.V.
Hembras	77	274	196.63	173	93	33.34	1 111.39	3.46	16.95
Machos	123	262	198.73	230	68	22.42	1 117.15	4.05	16.82
Total					161				
Hembras juveniles	77	185	148.78	173	18	35.29	1 245.12	8.32	23.72
Machos juveniles	123	180	152.81	162	16	24.15	18.07	4.52	11.83
Hembras adultas	175	248	206.43	232	39	19.52	318.15	3.13	9.46
Machos adultos	178	262	211.90	230	52	21.72	174.85	3.01	10.25
Hembras preñadas	175	274	209.94	216	36	20.87	435.65	3.48	9.94
Total					161				

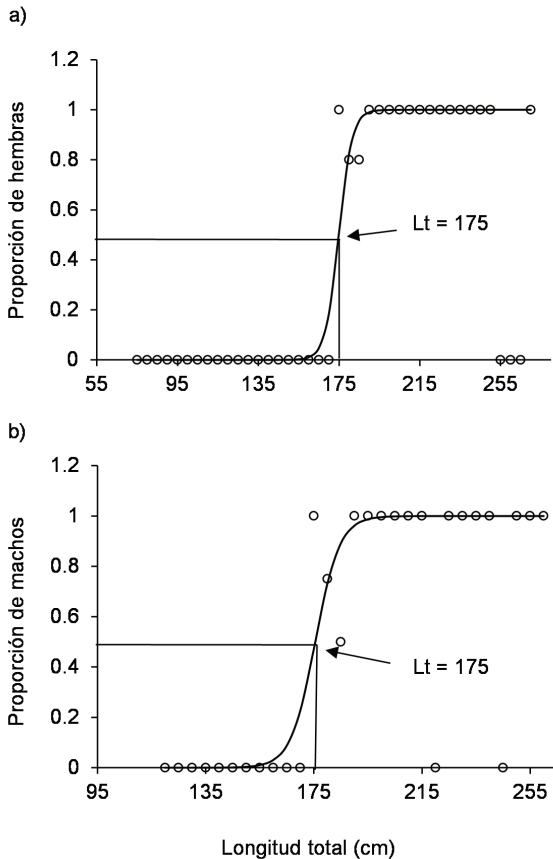


Fig. 3. Estimación de talla de primera madurez de *Prionace glauca*: a) hembras y b) machos.

relación entre la longitud de la madre y el número de embriones mostró baja asociación entre las variables ($r^2 = 0.54$; $p = 0.02$), ya que sólo 48% de la variación en el número de embriones se debe a la longitud de la hembra. La relación entre la longitud de la madre y la talla promedio de los embriones mostró que no existe asociación entre estas variables ($r^2 = 0.04$; $p = 0.58$).

Fecundidad y crecimiento de los embriones. Se registraron hembras preñadas a finales de julio y septiembre, cuyo intervalo de número de crías fue de cinco a 52; $\bar{x} = 30 \pm 6$ crías por hembra. La hembra con mayor número de embriones tuvo una longitud de 234 cm LT y la hembra con el menor número de embriones presentó una talla de 206 cm LT; ambas en el mes de julio 2006.

Las tallas mínima y máxima de los embriones de *P. glauca* fueron de cinco y 18.6 cm LT, respectivamente; ambas se presentaron en julio con una talla $\bar{x} = 11.61 \pm 0.21$ cm LT (Fig. 4). Por lo

antes mencionado, en el presente trabajo sólo se observaron embriones con desarrollo muy temprano, es decir, organismos pequeños que no alcanzaron su fase terminal.

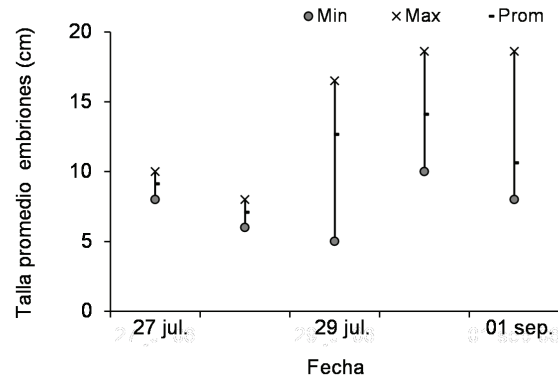


Fig. 4. Desarrollo embrionario de *Prionace glauca*.

Glándula oviducal. De las 93 hembras registradas sólo se analizó el largo y el ancho de la glándula oviducal de 66 y 51 hembras, respectivamente, con tallas de 166 a 274 cm LT en ambos casos. El intervalo del largo y el ancho de la glándula oviducal fue de 20 a 60 mm. Las relaciones lineales entre la LT de la hembra y el largo y el ancho de la glándula oviducal dieron como resultado coeficientes de determinación ($r^2 = 0.26$ y 0.23 ; $p = 0.05$ respectivamente) que indican una baja asociación entre las variables (Figs. 5a y b).

Ovario. Se analizaron los ovarios de 62 hembras de *P. glauca* que presentaron un intervalo de tallas de 166 a 274 cm LT; el intervalo de longitud del ovario fue de 80 a 220 mm y del ancho del ovario de 26 a 120 mm. El valor de r^2 de las relaciones de la longitud total de la hembras con la longitud y el ancho del ovario fue de 0.39 ($p = 4.19$) y 0.14 ($p = 0.0016$), respectivamente. Estos valores bajos en ambos casos muestran que no existe relación entre las variables (Figs. 6a y b).

Gonopterigios. En el caso de los machos se observó que existe una relación positiva entre la longitud total y la del gonopterigio (LC), ya que conforme aumentó la talla del organismo se incrementó la longitud del gonopterigio, hasta un punto en que el gonopterigio deja de crecer. Se observó que en los tiburones inmaduros (123 a 185 cm LT), este órgano sexual apenas llegaba a las aletas pélvicas y conforme se iban acercando

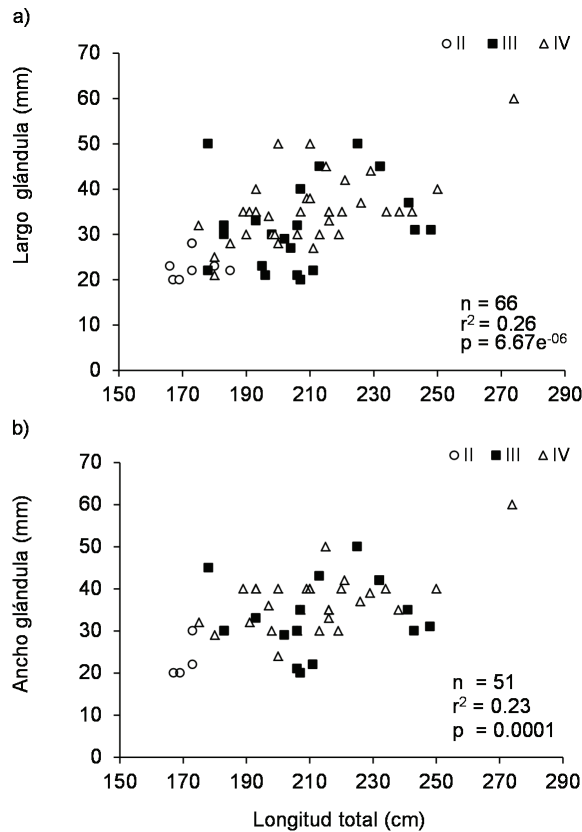


Fig. 5. Relación de la longitud total de las hembras de *Prionace glauca*: a) Largo de la glándula oviducal, b) Ancho de la glándula oviducal.

a la madurez sexual se incrementó la longitud del gonopterigio (Fig. 7). La longitud mínima del gonopterigio observada fue de 80 mm y la máxima de 240 mm, para las tallas de 139 y 225 cm de LT, respectivamente.

Testículos. En la figura 8 se observa que el largo y el ancho de los testículos varían con respecto a la talla de los machos, principalmente cuando los organismos se van acercando a la madurez sexual, por lo que las dimensiones están en función del comportamiento reproductivo de éstos. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.55$) obtenido para el largo del testículo mostró que sólo 55% está relacionado con la longitud del macho y que para el ancho se obtuvo una menor asociación entre las variables ($r^2 = 0.20$) (Figs. 8a y b).

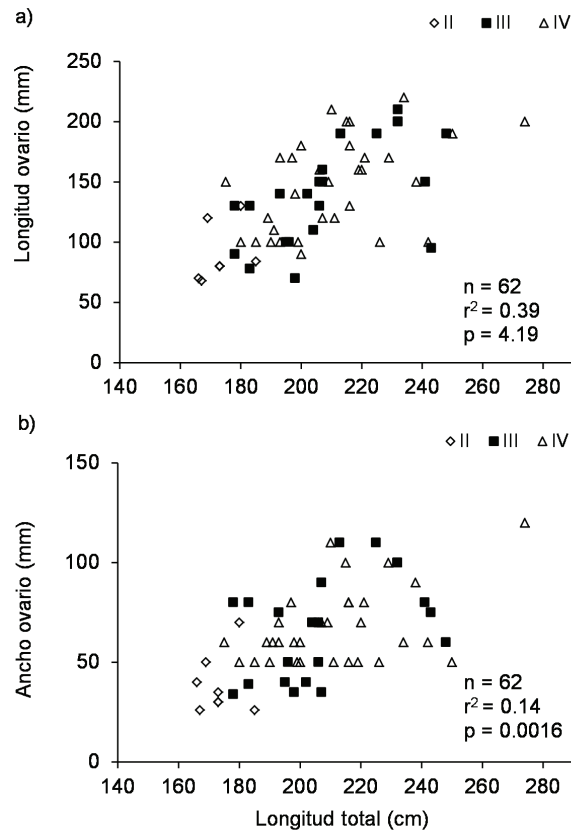


Fig. 6. Relación de la longitud total de la hembra de *Prionace glauca*: a) Longitud del ovario y b) Ancho del ovario.

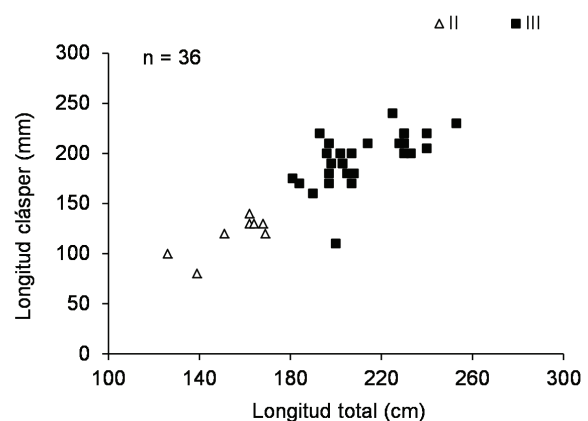


Fig. 7. Relación longitud total y la longitud del gonopterigio de los machos de *Prionace glauca*.

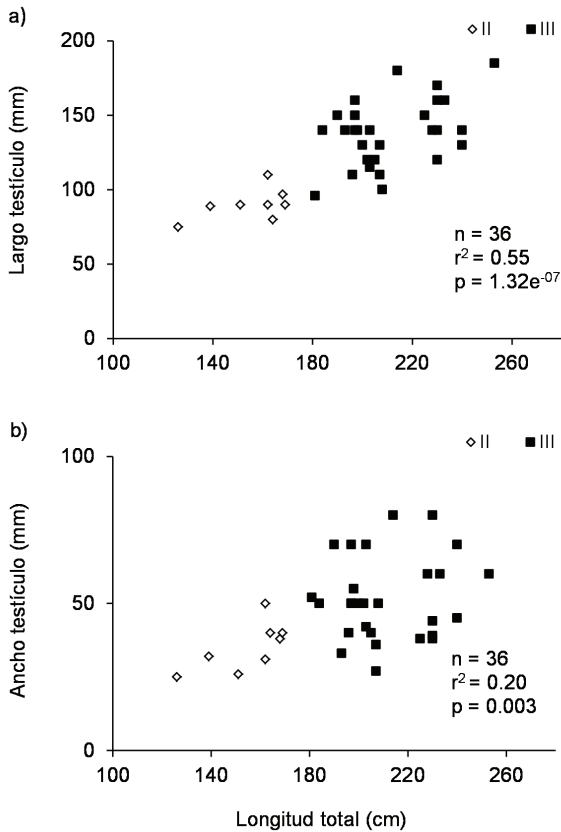


Fig. 8. Relación longitud total de los machos de *Prionace glauca*: a) Largo del testículo y b) Ancho del testículo.

Discusión

El análisis de la información que se hizo en 161 organismos de *P. glauca* provenientes de la captura comercial, arrojó que se trataba de organismos adultos (78.88%), la mayoría hembras (1H: 0.73M). Durante el invierno predominaron los juveniles, lo que coincide con lo encontrado por Pratt (1979), quien menciona que en las capturas de tiburón existe segregación por talla y sexo de algunas especies de la familia Carcharhinidae, como *P. glauca*. En el presente estudio se registró en invierno menor proporción de hembras adultas y mayor abundancia de juveniles, con ausencia de neonatos. Esto contrasta con lo mencionado por Tricas (1977), quien observó mayor abundancia y tallas más grandes de hembras de *P. glauca* en el periodo de invierno y en verano de machos. La ausencia de neonatos podría ser un indicador de que no coinciden las zonas de crianza y alumbramiento de esta especie con las zonas

y artes de pesca utilizados por la flota palangrera de mediana altura de Manzanillo.

Se estimó la talla media de madurez del tiburón azul en 175 cm LT, tanto para hembras como para machos. Las tallas de madurez estimada y observada en este estudio se encuentran por debajo de las obtenidas por Pratt (1979) y Nakano y Seki (2003) para el Atlántico y el océano Pacífico norte, respectivamente. Sin embargo, los trabajos realizados al norte del Pacífico mexicano muestran mayor similitud (Reyes-González, 2001; Guerrero-Maldonado, 2002; Carrera-Fernández *et al.*, 2010), con éste. Carrera-Fernández *et al.* (2010) reportaron hembras maduras de 172 cm LT, y Reyes-González (2001) encontraron machos maduros de 175 cm LT. Sin duda existe una diferencia entre las tallas para el norte del Pacífico mexicano y las del presente trabajo para las costas de Jalisco, Colima y Michoacán.

Estas disimilitudes en la distribución de las tallas de madurez probablemente se han visto influenciadas por el tipo de flota y la selectividad de los artes de pesca de los cuales se obtuvieron los datos. Otro factor importante es la biología de la misma especie, como lo son sus migraciones, que dependerán de la disponibilidad del alimento de su ciclo reproductivo o cambios ambientales en su hábitat, debido a las diferencias físico-químicas entre la región de norte del Pacífico mexicano donde las aguas son más templadas, de 14°C a 27°C de temperatura superficial del mar (TSM) (Weng *et al.*, 2005), en tanto que hacia el centro del Pacífico mexicano, las aguas son más cálidas: 24.0°C a 28.6°C TSM debido a la corriente ecuatorial (Gallegos *et al.*, 2006).

Se observó que el número de crías y la talla promedio de los embriones no dependen del tamaño de la madre, ya que hubo hembras de la misma talla con un reducido número de embriones o con un gran número de ellos. La fecundidad fue de cinco a 52 crías, lo cual concuerda con los datos de Bigelow y Schroeder (1948) y Stevens (1984) quienes reportan 28-54 y 4-57 crías, respectivamente, mientras que Nakano (1994) y Nakano y Seki (2003) registraron que era de una a 62 crías. Todos estos datos concuerdan con los hallazgos de este estudio. Las diferencias se deben a que las hembras preñadas expulsan a sus crías a causa del estrés durante la captura, por lo que se puede considerar una fecundidad

relativa, como lo ha reportado Anislado-Tolentino (2008). De las especies registradas en la zona de estudio, la mayor fecundidad corresponde a *P. glauca*, probablemente la especie más prolífica de entre los tiburones grandes (Castro, 1993).

El tamaño de los ovarios puede ser pequeño tanto en hembras juveniles como en adultas, lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo, ya que no se encontró una relación entre la longitud de la hembra y el largo y ancho del ovario. Esto probablemente se debe a los cambios que sufre el ovario antes, durante y después de la ovulación (Hamlett y Koob, 1999). También se observó que no existe una relación numérica entre la talla de la hembra y el largo y ancho de las glándulas oviducuales, ya que tanto en hembras inmaduras como maduras, las había pequeñas. Se asume que las maduras con oviducuales pequeñas ya habían pasado por la ovulación, como se observó en los meses de abril a julio de 2006. En cambio, se incrementó el tamaño de estas glándulas a casi el doble cuando contenían ovocitos de 20 mm de diámetro, pasada la ovulación vuelven a reducirse, si bien nunca vuelven a tener el mismo tamaño. También durante los meses mencionados se observaron hembras con ovocitos o embriones en sus úteros. Se considera que el periodo de descanso de *P. glauca* posiblemente inició en junio 2005 y terminó en junio 2006; a finales de este mismo mes se presentó la ovulación (finales de primavera), y el apareamiento probablemente sucedió a principios de julio de 2006 (verano). Se presume que el periodo de gestación para *P. glauca* se dio en el periodo de julio-septiembre de 2006 (verano) debido a que se encontraron en los úteros embriones con un intervalo de talla de 5.4 a 18.6 mm LT, lo que podría indicar que posiblemente tenían dos meses de gestación y nacerían durante el verano de 2007. Esto coincide con lo señalado por diversos autores que mencionan que el periodo de gestación es de 12 meses. Strasburg (1958) y Nakano (1994) reportan la presencia de neonatos (recién nacidos) de *P. glauca* en verano. Por su parte, Castro (1983) observa el apareamiento en verano y la época de nacimiento (neonatos) a finales de primavera y principios de verano; Carrera-Fernández *et al.* (2010) reportan el apareamiento en los meses de verano y como periodo de expulsión de crías,

primavera-verano. Por todo lo anterior, se considera que *P. glauca* probablemente tiene un ciclo bianual consecutivo, con un periodo de descanso de un año que le permite acumular las reservas necesarias para la producción de ovocitos maduros y posteriormente llevar a cabo la ovulación seguida de un periodo de gestación de nueve a 12 meses.

Agradecimientos

Se hace un reconocimiento al Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) por las facilidades brindadas para la realización de este estudio; a José Ignacio Fernández Méndez por la asesoría estadística, a Javier Valdez Flores por su apoyo y sus enseñanzas a bordo de las embarcaciones. Un agradecimiento especial a todos los pescadores, capitanes y permisionarios de la flota tiburoneira de mediana altura del Puerto de Manzanillo, Colima, que permitieron llevar a cabo los muestreos a bordo de sus embarcaciones; sin sus enseñanzas y apoyo no hubiera sido posible realizar este trabajo.

Literatura citada

- ANISLADO-TOLENTINO V. 2008. Demografía y pesquería del tiburón martillo, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) (Pisces: Elasmobranchii) en dos provincias oceanográficas del Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. UNAM.
- BIGELOW HB y WC Shroeder. 1948. Sharks. En: AE Parr e YH Olsen (eds.). *Fishes of the western North Atlantic*. Part one. Sears Foundation for Marine Research, Yale University Memoirs. 1: 59-546.
- BIGELOW KA, CH Boggs y X He. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery. *Fish Oceanography* 8(3): 178-198.
- BLANCO-PARRA M del P, MF Galván y FF Márquez. 2008. Age and growth of the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus, 1758, in the Northwest coast off México. *Revista de*

- Biología Marina y Oceanografía* 43(3): 513-520.
- CARRERA-FERNÁNDEZ M, F Galván-Magaña y BP Ceballos-Vázquez. 2010. Reproductive biology of the blue shark *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) off Baja California Sur, México. *Aqua, International Journal of Ichthyology* 16(3): 101-110.
- CASTRO JI. 1983. *The sharks of North American waters*. Texas A & M. University Press, Collage Station, Texas. 179p.
- CASTRO JI. 1993. The shark nursey of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the Unites States. *Environmental Biology of Fishes* 38: 37-48.
- COMPAGNO LJV. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. *FAO Fishery Synopsis* Rome. 125(4): 251-655.
- DANIEL WW. 2002. *Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud*. Limusa. México. 485p.
- GALLEGOS A, R Rodríguez, E Márquez, R Lecuanda y J Zavala. 2006. Una climatología de la temperatura de la superficie del mar de las aguas adyacentes a las costas de Jalisco, Colima y Michoacán, México: 1996-2003. *En: MC Jiménez-Quiroz y E Espino-Barr (eds.). Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán*. INP, pp: 17-28.
- GIACOMO-SIETZE PALAVICINI DE WITTE CR. 2002. Análisis de edad y crecimiento de neonatos y juveniles de tiburón azul (*Prionace glauca*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. UABC. Ensenada. 28p.
- GUERRERO-MALDONADO LA. 2002. Captura comercial de elasmobranquios en la costa suroccidental del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz, B.C.S. 54p.
- HADDON M. 2001. *Modelling and quantitative methods in fisheries*. Chapman y Hall/CRC. Boca Raton. 402p.
- HAMLETT WC y TJ Koob. 1999. Female reproductive system. *En: WC Hamlett (ed.). Sharks, skates and rays the biology of elasmobranchs fishes*. The Johns Hopkins Univ. Press, E.U., pp: 398-443.
- HOLTS DB, C Wilson y Ch G Lowe. 2001. Blue shark. California's Living Marine Report. California Department of Fish and Game, pp: 342-344.
- LAGLER KF, JE Bardach, RR Miller y DR May Passino. 1997. *Ichthyology*. 2th edit. John Wiley & Sons, Inc., E.U. 506p.
- MENDIZÁBAL Y ORIZA D, R Vélez M, JF Márquez F y SR SorianoV. 2000. Tiburones oceánicos del Pacífico. *En: MA Cisneros M, LF Beléndez M, E Zárate B, MT Gaspar D, LC López G, C Saucedo R y J Tovar A (eds.). Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo*. 1999-2000. Instituto Nacional de la Pesca. SAGARPA. México, pp: 179-209.
- NAKANO S. 1994. Age, reproduction and migration of blue shark in the North Pacific Ocean. *National Research Institute of far Seas Fisheries* 31: 141-25.
- NAKANO H y MP Seki. 2003. Synopsis of biological data on the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus. *Bulletin Fishery Research Agency* 6: 18-55.
- NATANSON LJ y GM Cailliet. 1986. Reproduction and development of the Pacific angel shark, *Squatina californica*, off Santa Barbara, California. *Copeia* (4): 987-994.
- PRATT HL JR. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. *U.S. Fish Bulletin* 77: 445-470.
- PRATT HL JR. 1993. The storage of spermatozoa in the oviducal glands of western North Atlantic sharks. *Environmental Biology of Fishes* 38: 139-149.
- REYES-GONZÁLEZ JA. 2001. Biología reproductiva y pesquería del tiburón azul (*Prionace glauca*) en la costa adyacente a Bahía de San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada. 78p.
- SANTANA-HERNÁNDEZ H. 1989. Distribución y abundancia relativa espacio temporal de las especies capturadas por la pesquería palangrera en la ZEE del Pacífico mexicano. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería Pesquera. UAN. México. 53p.
- SANTANA-HERNÁNDEZ H. 1997. Relación del éxito de la pesca palangrera con la temperatura superficial y la profundidad

- en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 63p.
- STEVENS JD. 1984. Biological observations on sharks caught by sport fishermen off New South Wales. *Aust. Journal of Marine and Freshwater Research* 35: 573-590.
- STRASBURG DW. 1958. Distribution, abundance and habitats of pelagic sharks in the Central Pacific Ocean. *Fish Bulletin* 138: 335-361.
- TRICAS T. 1977. Food habits and seasonal abundance of blue shark, *Prionace glauca* (Carcharhinidae) in southern California Waters. M.S. Thesis, California State Univ. Long Beach. 76p.
- WENG KC, PC Castilho, JM Morrisette, AM Landeira-Fernández, DB Holts, RJ Schallert, KJ Goldman y BA Block. 2005. Satellite tagging and cardiac physiology reveal niche expansion in salmon sharks. *Science* 310: 104-106.

Recibido: 28 de septiembre de 2011.

Aceptado: 24 de enero de 2012.