

Biología reproductiva del gatuzo *Mustelus schmitti* Springer, 1939 (Chondrichthyes, Triakidae) en el área de Puerto Quequén, Provincia de Buenos Aires

Matías A. SIDDEERS, Leandro L. TAMINI, Jorge E. PEREZ & Gustavo E. CHIARAMONTE

División Ictiología, Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia». Av. Ángel Gallardo 470. (C1405DJR) Buenos Aires - Argentina.

Abstract: Reproductive biology of *Mustelus schmitti*, Springer, 1939 in Puerto Quequén, Buenos Aires Province. The reproductive biology of *M. schmitti* collected from the commercial bottom trawl fishery operating in Puerto Quequén, Argentina is investigated in the present study. The specimens were sampled seasonally during 2003–2004. The number of sharks collected was 637 (298 males and 339 females), including 190 pregnant females with 1,103 embryos. Size ranges for males were 419 – 819 mm total length (LT) and 417 – 951 mm LT for females. Total length and body weight relationship was different between sexes ($P < 0.05$). In contrast, embryos did not show differences between sexes ($P > 0.05$). Size frequency shows that females attain larger length and weight than males. Fifty percent (50%) of maturity size shows that males mature at a lower LT (567 mm) than females (598 mm). The left testis reached larger weight and length than the right one ($P < 0.01$). Average values of the IG and IH per season varied significantly for males and females ($P < 0.05$). Average values of the white and yellow ova per season showed significant differences ($P < 0.05$). The maximum diameter of the left oviducal gland was greater than the right one ($P < 0.05$) and both exhibit seasonal changes ($P < 0.05$). At greater LT the females had more embryos per brood ($P < 0.01$) than bigger puppies ($P > 0.05$).

Keywords: shark; smoothhound; reproduction; maturity; Southwest Atlantic.

La mayoría de las especies de elasmobrancos son particularmente vulnerables a la explotación pesquera debido a la baja tasa de crecimiento, alta edad de madurez, baja fecundidad y gran tamaño al nacer. Sus ciclos de vida se ven reflejados en bajas tasas de reproducción y bajas tasas de incremento poblacional (Holden, 1973; Hoenig & Gruber, 1990).

El tiburón gatuzo, *Mustelus schmitti* Springer, 1939, constituye la principal especie de tiburón en explotación en la Argentina (Chiaramonte, 1998). De hábitos costeros, reproducción vivípara no-placentaria y un ciclo reproductivo anual (Menni *et al.*, 1986), este pequeño tiburón se distribuye desde el norte de Río de Janeiro, Brasil (Figueiredo, 1977) hasta el sur de la Patagonia, Argentina (47° 45' S, Chiaramonte & Pettovello, 2000) con temperaturas que varían entre 8 y 11,7 °C en la superficie y entre 5,5 y 11 °C en el fondo (Menni, 1985, 1986). Esta especie es capturada comúnmente por las pesquerías comerciales y principalmente por barcos arrastreros desde Río Grande do Sul, Brasil hasta el norte de la Patagonia Argentina (Chiaramonte, 1998).

En la provincia de Buenos Aires, Menni *et al.* (1986) caracterizaron a este tiburón como una especie ovovivípara no placentaria y con úteros con compartimientos. Sugieren que el ciclo

reproductivo es anual con un período de gestación de 11 meses y ovulación inmediata. Por otra parte, Chiaramonte & Pettovello (2000) que estudiaron esta especie en el sur de la Patagonia, sugirieron un período de gestación de al menos 12 meses en dicha área. Ciertas variaciones asociadas a cambios latitudinales fueron sugeridas por Cousseau (1986), quien encontró un incremento en la media del largo total con la latitud, en el área de la provincia de Buenos Aires. Asimismo, Diáz de Astarloa *et al.* (1997) encontraron en muestras colectadas en el área norte de la costa Argentina cambios en el largo total a la madurez en un período de 15 años, entre 1978 y 1993.

El tiburón gatuzo *M. schmitti* está presente durante todo el año en el área de pesca de este estudio y se lo captura intensivamente como parte de las especies objetivo en una pesquería multispecífica. En el presente trabajo se investiga el ciclo de vida de *M. schmitti* en el área de Puerto Quequén sobre la base de muestras estacionales colectadas durante un año.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras fueron obtenidas en plantas procesadoras de pescado de la ciudad de Necochea (38° 37' S, 58° 50' O), provincia de Buenos Ai-

res. Los ejemplares fueron pescados por lanchas artesanales que utilizan caña y/o espinel, y por los barcos costeros comerciales de Puerto Quequén, que realizan pesca costera con redes de arrastre de fondo. Las muestras fueron tomadas en cuatro campañas realizadas en otoño, invierno y primavera del año 2003 y verano del 2004.

Datos colectados

En las plantas de procesamiento se identificó el sexo de cada ejemplar, se midió el largo total (LT) con una precisión de 1 mm sobre una recta entre perpendiculares, desde la punta del hocico hasta la punta del lóbulo mayor de la aleta caudal. Se registró también el peso total (PT) y el peso de la carcaza (PC) con una precisión de 25 gr. Se removió el sistema reproductor y el hígado, que fueron congelados para su posterior estudio en laboratorio donde los pesajes fueron realizados con precisión de 0,1 gr y las mediciones de longitudes con precisión de 0,1 mm. En los machos se midió el largo del mixopterigio izquierdo (LC) con precisión de 0,1 mm, desde el punto de inserción de la cloaca hasta la punta del mixopterigio. A todos los ejemplares se les pesó el hígado (PH).

Escala de madurez

En los machos siempre que fue posible se determinó el estado de madurez utilizando para este fin la calcificación de los elementos de los mixopterigios y considerando las siguientes categorías: I1, inmaduro (testículo indiferenciado; mixopterigios no calcificados, no superando el margen interno de la aleta pélvica); I2, inmaduro (adolescente; testículos en desarrollo; mixopterigios no calcificados, superando el margen interno de la aleta pélvica); I3, inmaduro (testículos desarrollados; mixopterigios parcialmente calcificados); M, maduro (mixopterigios totalmente calcificados, con la base de los mixopterigios que puede rotar libremente, dirigiéndolos anteriormente; Clark & von Schmidt, 1965). Se constató la presencia de esperma en los conductos deferentes y una vez en el laboratorio se pesaron los testículos y se midió su longitud.

En el caso de las hembras se determinó el estado de madurez como: I1, inmadura (ovario, glándulas nidamentales y saco uterino indiferenciados); I2, inmadura (ovario en desarrollo con ovas opacas muy pequeñas menores a 1 mm de diámetro; glándulas nidamentales y saco uterino indiferenciados); I3, inmaduras (ovario en desarrollo, con presencia de ovas opacas; glándulas nidamentales diferenciadas); I4, inmaduras (ovario en desarrollo, con presencia de ovas opa-

cas; glándulas nidamentales y saco uterino diferenciados); M1, maduras (ovario con ovas amarillas y saco uterino dilatado); M2, maduras (presencia de embriones o huevos en los sacos uterinos). Siempre que fue posible, a cada hembra se le pesó el ovario, se contó el número de ovas opacas y amarillas y se midió el ancho máximo de la ova más grande, tanto de opacas como amarillas (en caso que estuvieran presentes). También se midió el ancho máximo de las glándulas nidamentales. A los embriones contenidos en los úteros se les determinó el sexo siempre que fue posible, se les midió el LT, y se los pesó con y sin saco vitelino.

Análisis de datos

En todos los casos se trató de usar estadística paramétrica. Cuando no se cumplieron los supuestos requeridos de distribución normal (test de Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (test de Levene), los datos fueron transformados. Cuando persistió el no cumplimiento de los supuestos requeridos, se utilizaron variantes no paramétricas de los tests.

Las relaciones PT-LT y PC-LT se ajustaron a una función alométrica (Schmidt-Nielsen, 1984) y la relación PC-PT a una función lineal (Zar, 1996).

Para analizar las diferencias en la relación PT-LT y PC-LT entre machos y hembras se realizaron regresiones lineales de los logaritmos de los valores, y se compararon sus pendientes y las de PC-PT por test de *t* para pendientes (Zar, 1996).

Se utilizó regresión lineal (Zar, 1996) con el fin de describir el desarrollo de los testículos. Al analizar diferencias entre el largo de los testículos izquierdo y derecho se utilizó un test de *t* de muestras pareadas (Zar, 1996). Para comparar entre el peso de los mismos, se utilizó el test no paramétrico Wilcoxon Matched Pairs (Zar, 1996). Y para analizar si existieron variaciones estacionales en el largo de los testículos se estandarizó el largo del testículo izquierdo con el LT y se realizó un ANOVA simple seguido de contrastes *post hoc* de Scheffé (Zar, 1996).

El índice gonadosomático (IG) fue calculado como:

$$IG = \frac{Pg}{PC} \cdot 100$$

donde Pg es el peso gonadal: en los machos, el testículo más pesado (el izquierdo) y para las hembras el del ovario. En ambos sexos se realizó un análisis de Kruskal-Wallis (Zar, 1996) para

probar si había diferencias en el IG entre las distintas estaciones y luego contrastes no paramétricos (Zar, 1996).

El índice hepatosomático (IH) fue calculado como:

$$IH = \frac{PH}{PC} \cdot 100$$

donde PH es el peso del hígado. En el caso de los machos los datos se transformaron logarítmicamente ($X = \log X+1$) y para analizar si había diferencias en el IH entre las distintas estaciones se realizó un ANOVA simple y luego contrastes *post hoc* de Scheffé para detectar cuales estaciones provocaron, donde las hubo, las diferencias. La variación estacional del IH en las hembras se estudió mediante el test de Kruskal-Wallis seguido por contrastes no paramétricos (Zar, 1996) para comprobar las mismas hipótesis que en los machos.

Para analizar si existieron variaciones estacionales en el peso del ovario se estandarizaron los datos con el LT y se realizó un test de Kruskal-Wallis seguido por contrastes no paramétricos (Zar, 1996). Además, para analizar el crecimiento estacional del ovario con el LT se realizó una regresión lineal del peso del ovario con relación al LT para cada estación, y se compararon sus pendientes por test de *t* para pendientes (Zar, 1996).

Con el propósito de probar si había diferencias estacionales en los diámetros máximos de las ovas opacas se estandarizaron los datos con el LT y se realizó un ANOVA simple seguido de contrastes *post hoc* de Scheffé (Zar, 1996). En el caso de las ovas amarillas se realizó un ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar, 1996) de los datos estandarizados con el LT y luego contrastes no paramétricos (Zar, 1996) para probar si había diferencias estacionales en los diámetros máximos de las mismas.

En el análisis de las diferencias entre el diámetro máximo izquierdo y derecho de las glándulas nidamentales se utilizó un test de *t* para muestras pareadas (Zar, 1996). Para analizar si existieron variaciones estacionales en el diámetro medio de la glándula nidamental izquierda se estandarizaron los datos con el LT y se realizó un test de Kruskal-Wallis seguido por contrastes no paramétricos (Zar, 1996).

Con el fin de evaluar diferencias en la proporción de sexos de los embriones en las camadas se realizó un test χ^2 (Zar, 1996). Para analizar las diferencias en el crecimiento intrauterino entre embriones machos y embriones hembras

se realizaron regresiones lineales de los logaritmos de los valores de LT y PT, y se compararon las pendientes por un test de *t* para pendientes (Zar, 1996). Asimismo se realizó un test de correlación de Kendall para probar la forma en que las hembras invierten sus recursos respecto al número y al tamaño de las crías.

RESULTADOS

De un total de 637 ejemplares, 298 fueron machos (65% maduros) y 339 hembras (67% maduras). La frecuencia de tallas mostró que las hembras presentaron mayores LT que los machos (Fig. 1). El rango de tallas para los machos fue 419 – 819 mm y para las hembras 417 – 951 mm (Tablas 1 y 2). El rango de pesos para los machos fue 260 – 1.650 gr y para las hembras 220 – 3.550 gr. Las relaciones PT–LT y PC–LT mostraron un crecimiento que se puede describir mediante funciones alométricas para ambos sexos (Fig. 2; Machos: $PT = 5,21E-06 LT^{2,9269}$, $P < 0,05$; $PC = 5,39E-06 LT^{2,8969}$, $P < 0,05$. Hembras: $PT = 2,99E-07 LT^{3,3889}$, $P < 0,05$; $PC = 1,53E-06 LT^{3,0994}$, $P < 0,05$), mientras que la relación PC – PT mostró un crecimiento que se ajusta a una función lineal para ambos sexos ($P < 0,05$; Fig. 3). Las pendientes de las curvas de PT–LT, PC–PT y PC–LT comparadas entre machos y hembras mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$). Las hembras crecen más rápido que los machos alcanzando mayor talla y peso que estos.

Machos

El desarrollo de los testículos fue gradual ($P < 0,05$; Fig. 4). Se encontraron diferencias significativas entre el largo de los testículos izquierdo y derecho ($P < 0,01$) y en el peso de los mismos ($P < 0,01$), siendo el testículo izquierdo el más grande. Los valores medios estandarizados por estación del largo del testículo izquierdo variaron significativamente, presentando un mínimo en primavera ($P < 0,05$; Fig. 5). Los mixopterigios experimentan un crecimiento abrupto (Fig. 6) a partir de un LT de 512 mm. Esta talla representa el 62,5 % del LT máximo de la muestra y el 64,8 % del LT máximo para la especie en el área de Pcia. de Buenos Aires (Menni *et al.* 1986). El primer ejemplar macho maduro midió 546 mm de LT (66,6 % del LT máximo de la muestra y el 69,1 % del LT máximo para la especie en el área de Pcia. de Buenos Aires; Menni *et al.* 1986). La madurez del 50% fue calculada a un LT de 567 mm (69,2% del LT máximo de la muestra y el 71,8 % del LT máximo para la especie en el área de Pcia. de Buenos Aires; Menni *et al.* 1986) y a partir de una talla de 690 mm LT (84,2% LT máxi-

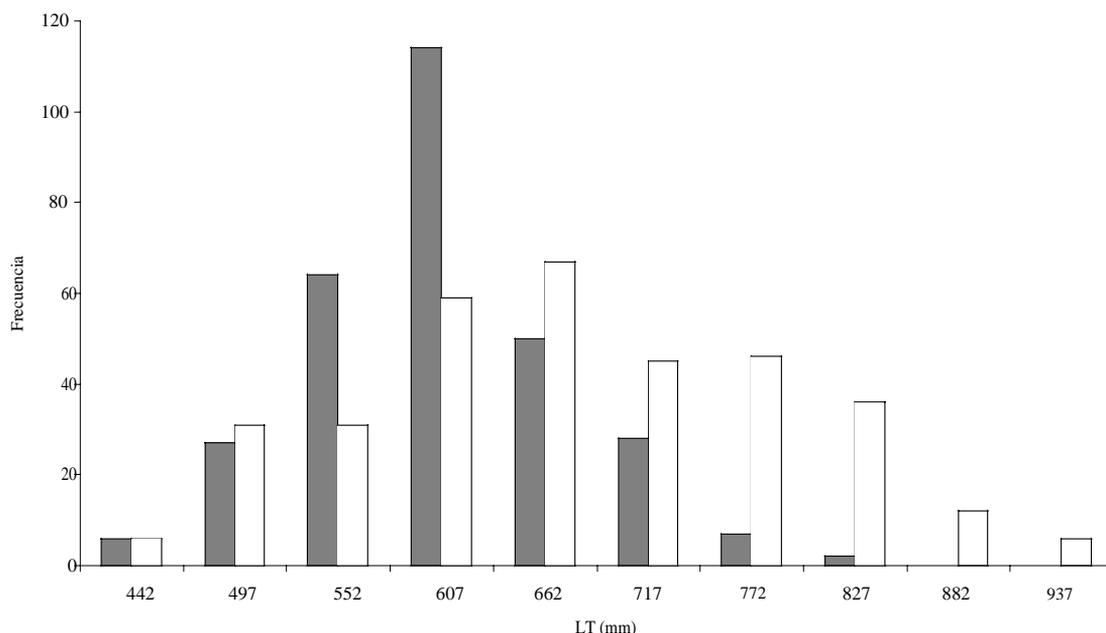


Fig. 1. Distribución de frecuencias de tallas para machos y hembras. (■) Machos. (□) Hembras.

Tabla 1: Número, rango de tallas para los machos y número de embriones macho. El N de los embriones corresponde a todos aquellos que pudieron ser sexados.

Machos	Otoño 03	Invierno 03	Primavera 03	Verano 04
N	73	65	70	90
LT mínimo	464	419	458	465
Primer maduro	549	546	554	586
Madurez 100%	590	648	655	690
LT máximo	793	785	819	805
N embriones	158	84	154	142

Tabla 2: Número, rango de tallas para las hembras, % de hembras c/ crías y número de embriones. El N de los embriones corresponde a todos aquellos que pudieron ser sexados.

Hembras	Otoño 03	Invierno 03	Primavera 03	Verano 04
N	89	69	91	90
LT mínimo	457	417	478	465
Primer maduro	583	585	578	591
Madurez 100%	672	748	704	660
LT máximo	930	897	951	871
% M2 de M	93,2	75	73,3	93,8
N embriones	149	74	137	151

mo de la muestra, 87,3 % del LT máximo para la especie en el área de Pcia. de Buenos Aires; Menni *et al.* 1986) todos se encontraban maduros (Tabla 1). Se observó en machos I3 presencia de esperma.

Los valores medios por estación del IG variaron significativamente ($P < 0,05$) y presentaron un mínimo en primavera y un máximo en otoño (Fig. 7a). Los valores medios del IH por estación variaron significativamente ($P < 0,05$) y presentaron un mínimo en verano mientras que el máximo se mantuvo entre el invierno y la primavera (Fig. 7b).

Hembras

Observando el tejido gonadal se constató que a partir del estado I2 (457 mm de LT; 48,0% del LT máximo de la muestra, 42,1 % del LT máximo para la especie en el área de Pcia. de Buenos Aires; Menni *et al.*, 1986) se pudo diferenciar un esbozo del ovario con ovas opacas de diámetros menores a 1 mm. Si bien se observó un aumento del tamaño y una diferenciación del tejido gonadal con el incremento del LT, no se constató que el peso del ovario aumentara sustancialmente entre un estado reproductivo y otro (Fig. 8a), excepto para la muestra de primavera, donde también se verificó el incremento en número y dimensión de las ovas amarillas (Figs. 8b y 8c). Las ovas opacas también mostraron un incremento en su dimensión semejante al de las ovas amarillas (Fig. 8d). Se encontraron ovas amarillas en todas las estaciones del año a partir de un LT de 578 mm, (60,8% LT máximo de la muestra, 53,3 % del LT máximo para la especie en el área de Pcia. de Buenos Aires; Menni *et al.*, 1986) con un

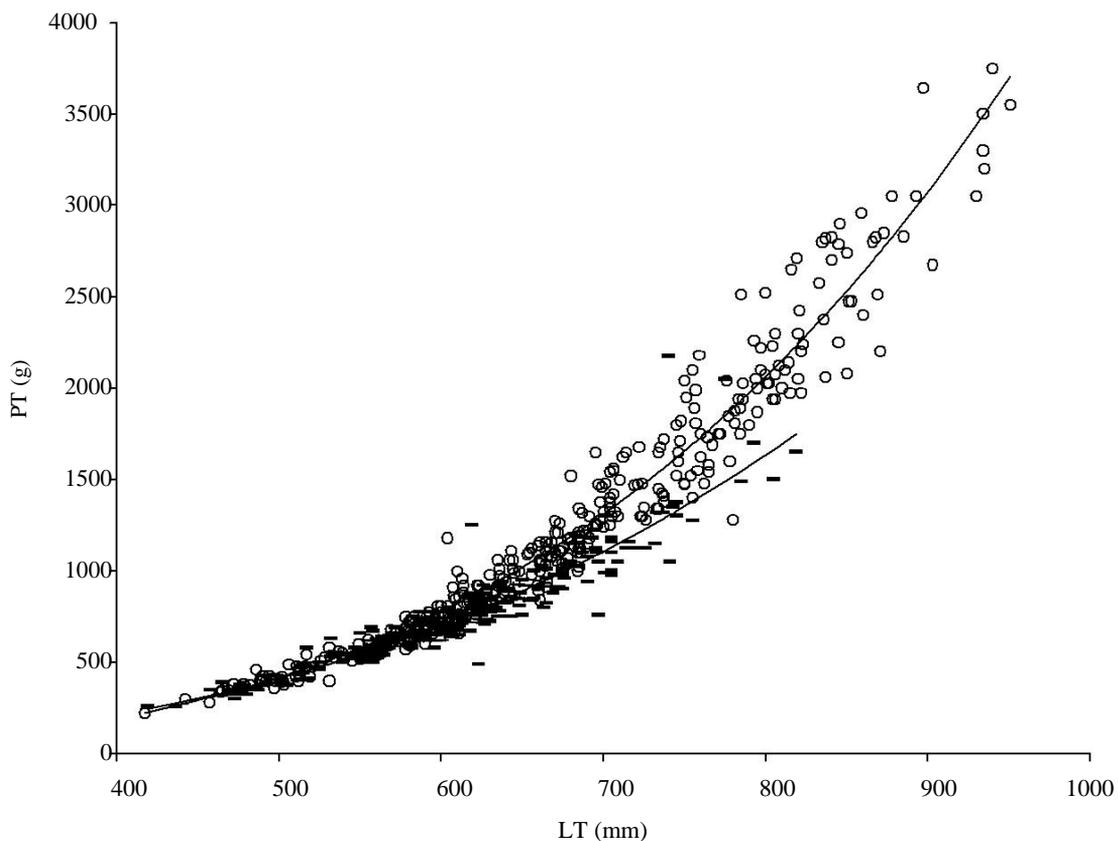


Fig. 2. Relación entre el PT-LT para machos y hembras, con las curvas de las regresiones alométricas ajustadas. (—) Machos; (O) Hembras.

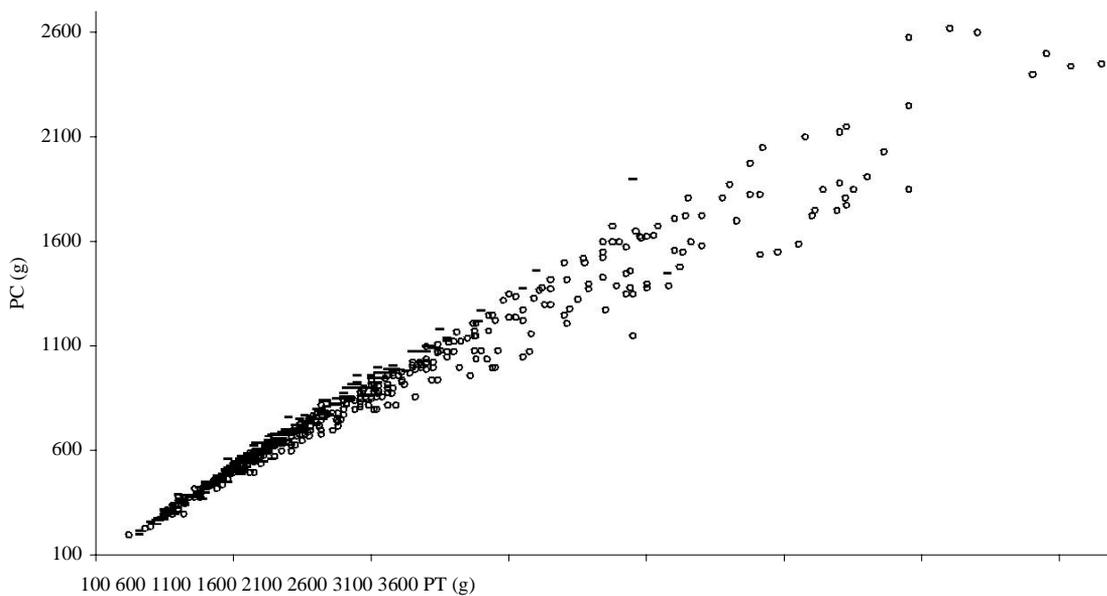


Fig. 3. Relación entre PC – PT para machos y hembras. (—) Machos: $PC = 17,77476 + 0,894 PT$. (O) Hembras: $PC = 110,896 + 0,6739 PT$.

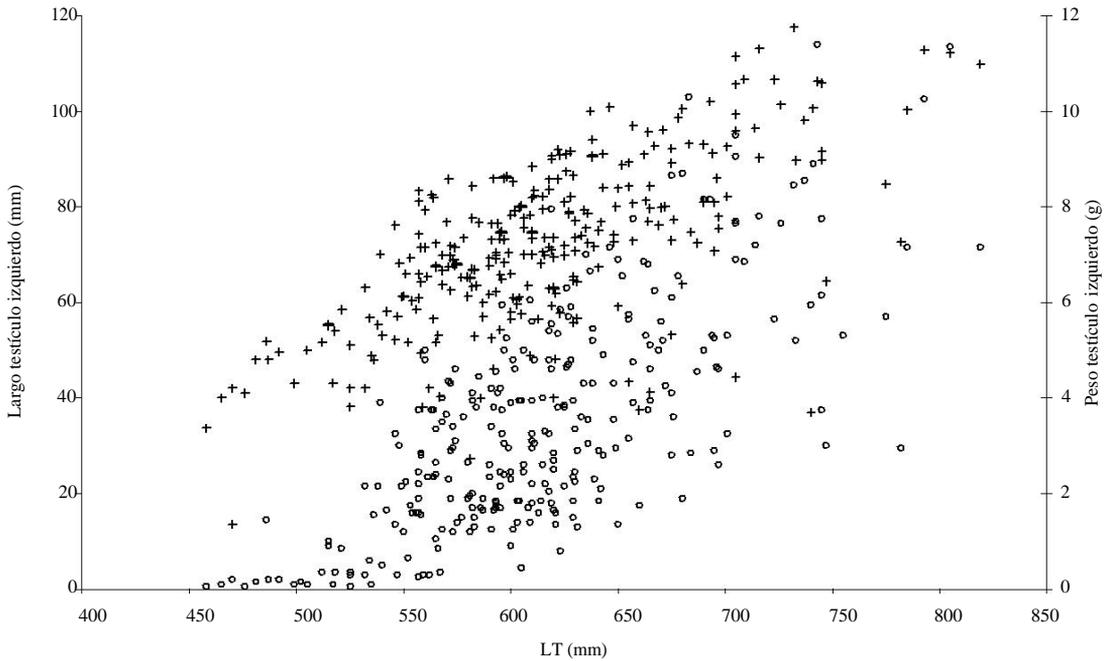


Fig. 4. Relación entre el largo del testículo izquierdo y el LT, y relación entre el peso del testículo izquierdo y el LT. (+) Largo testículo izquierdo = $-48,166 + 0,199 \text{ LT}$. (()) Peso testículo izquierdo = $-13,349 + 0,0277 \text{ LT}$.

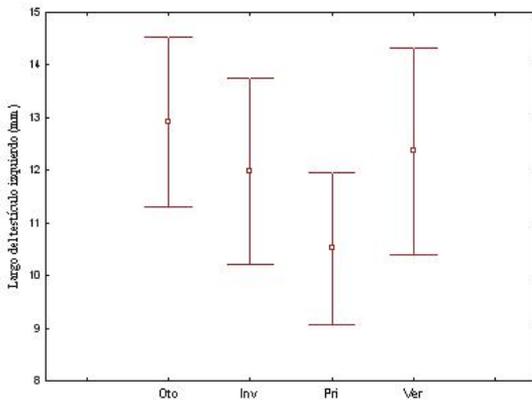


Fig. 5. Valor medio y desvío estándar del largo estandarizado del testículo izquierdo para cada estación. Diferencias significativas entre primavera-otoño, primavera-invierno, primavera-verano y otoño-invierno. ($P < 0,05$). (□) Media, Barra = DE.

tamaño máximo de ova de 26,3 mm ($X_{\text{media}} = 11,48$ mm, desvío estándar (DE) = 4,34, N = 159). Los valores medios del diámetro máximo de las ovas amarillas por estación variaron significativamente ($P < 0,05$), presentando un máximo en primavera (Fig. 8c). Los valores medios del diámetro máximo de las ovas opacas por estación tam-

bién variaron significativamente ($P < 0,05$; $X_{\text{medio}} = 5,25$ mm, DE = 2,51, N = 302), presentando un máximo en invierno y primavera y un mínimo en verano (Fig. 8d). Se observaron ovas atrésicas en el muestreo de primavera.

Del total de hembras muestreadas 229 se encontraron maduras (67% del total de hembras muestreadas), de las cuales 190 presentaron embriones en el útero (82,9 %). La hembra madura más pequeña midió 578 mm de LT (60,7% del LT máximo de la muestra, 53,2 % del LT máximo para la especie en el área de Pcia. de Buenos Aires; Menni *et al.*, 1986). La madurez del 50% fue alcanzada a los 598 mm de LT (62,9 % del LT máximo de la muestra, 55,1% del LT máximo para la especie en el área de Pcia. de Buenos Aires; Menni *et al.*, 1986) y a los 748 mm (78,6% del LT máximo de la muestra, 68,9 % del LT máximo para la especie en el área de Pcia. de Buenos Aires; Menni *et al.*, 1986) todas las hembras se encontraron maduras (Tabla 2).

Al comparar los valores del mayor diámetro entre las glándulas nidamentales izquierda y derecha, se encontró que las diferencias eran significativas ($P < 0,05$), siendo la glándula izquierda la mayor. Se observó un aumento en el diámetro máximo de la glándula nidamental con relación al LT ($P < 0,05$ Fig. 9a). Los valores medios

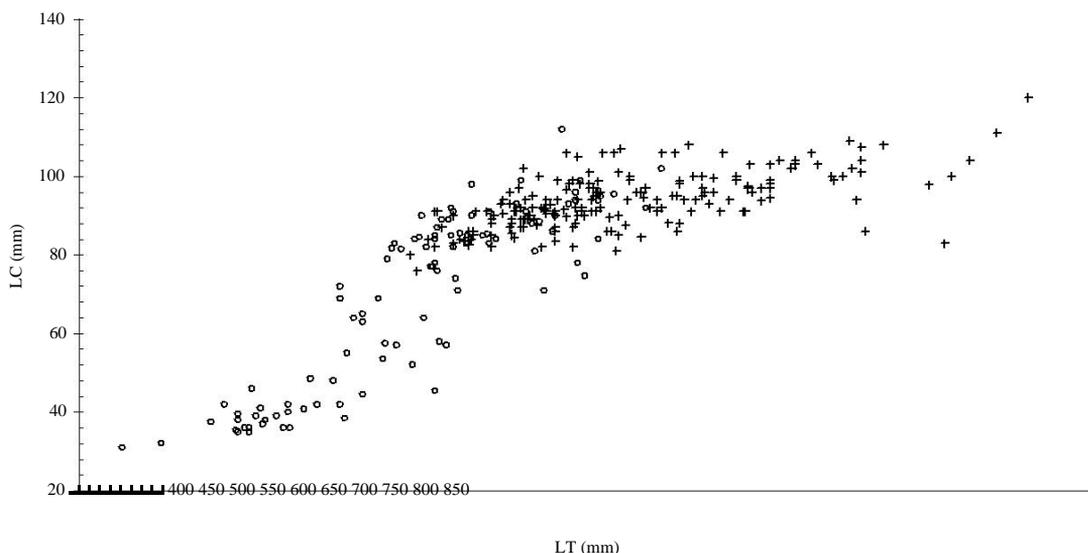


Fig. 6. Relación entre el largo del mixopterygio izquierdo y el LT. (()) Inmaduros. (+) Maduros.

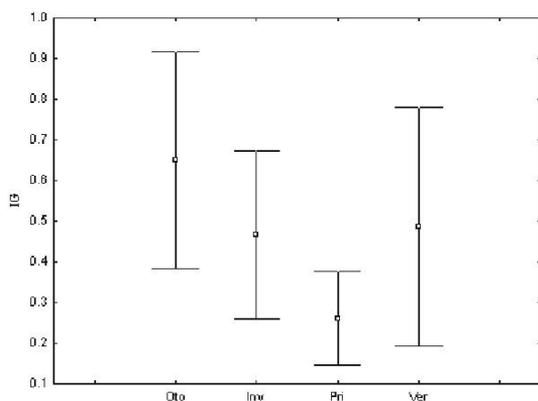


Fig. 7a. Valor medio y desvío estándar del IG de los machos para cada estación. Diferencias significativas entre primavera–otoño, primavera–invierno, primavera–verano y otoño–invierno ($P < 0,05$). (□) Media, Barra = DE.

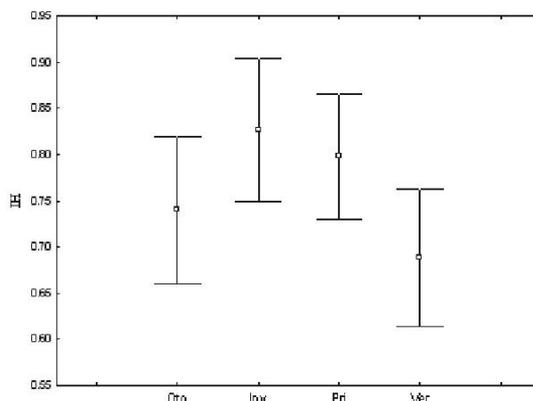


Fig. 7b. Valor medio y desvío estándar del IH de los machos para cada estación. Diferencias significativas entre primavera–otoño, primavera–verano, otoño–verano, invierno–verano y otoño–invierno ($P < 0,05$). (□) Media, Barra = DE.

estandarizados del ancho de la glándula nidamental izquierda por estación variaron significativamente ($P < 0,05$) y presentaron un máximo en primavera (Fig. 9b). Se pudo observar una diferenciación de las glándulas nidamentales respecto del oviducto a partir de un LT de 465 mm aumentando el tamaño a medida que la hembra aumenta en LT ($X_{\text{media}} = 15,29$ mm, DE = 3,43 mm, N = 226).

Los valores medios por estación del IG variaron significativamente ($P < 0,05$) y presentaron un mínimo en verano y un máximo en primavera

(Fig. 10a). La ovulación en la temporada 2003–2004 ocurrió después del 8 de noviembre y antes del 7 de marzo de 2004. Los valores medios por estación del IH variaron significativamente ($P < 0,05$) y presentaron un mínimo en verano (Fig. 10b). Las hembras de mayor LT tuvieron mayor número de crías por camada ($P < 0,01$; Fig. 11) y no crías más grandes ($P > 0,05$).

Embriones

De las 190 camadas muestreadas se obtuvieron 1.103 embriones. El número de embriones

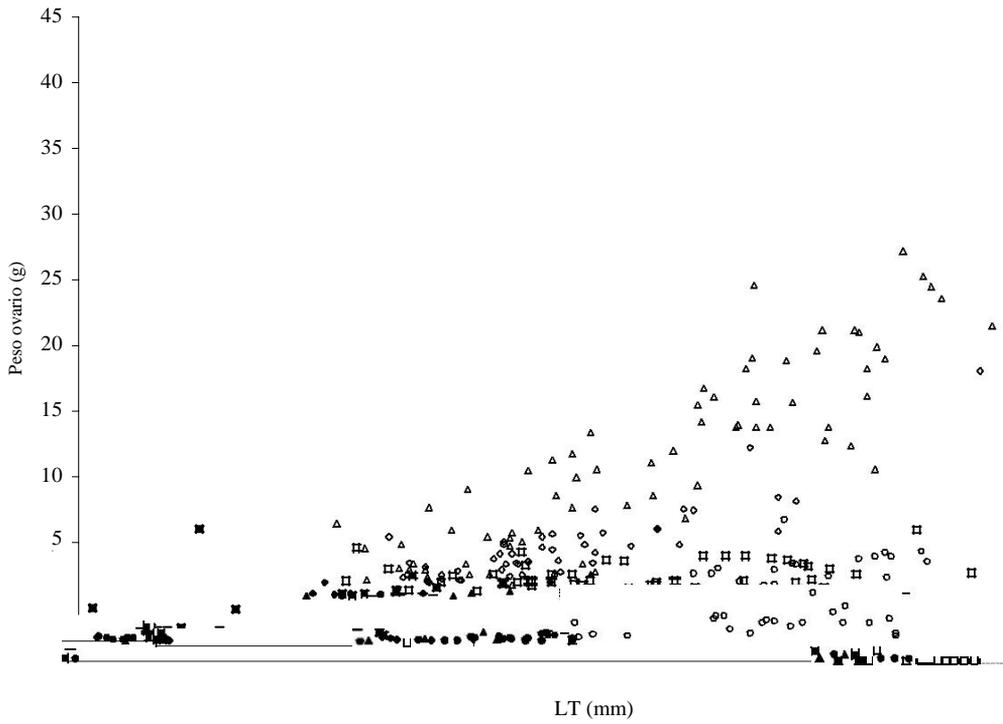


Fig. 8a. Relación entre el peso del ovario por estación y el LT de las hembras. Rellenas: inmaduras. Vacías: maduras. (◻) otoño, (◊) invierno, (+) primavera y (◊) verano.

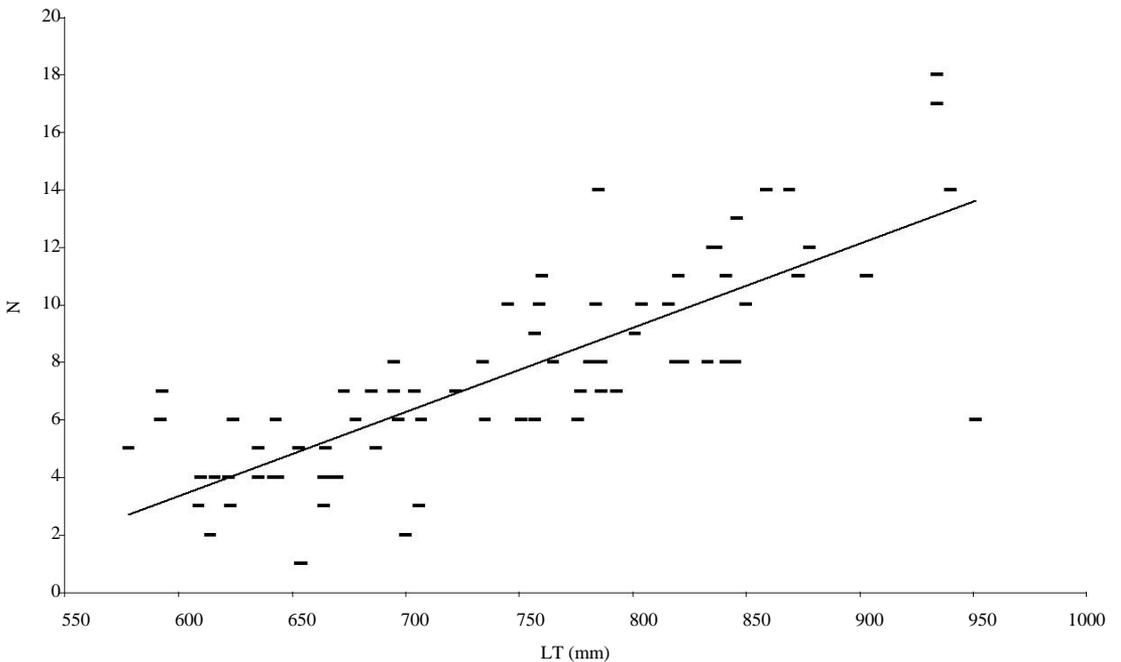


Fig. 8b. Relación entre el número de ovas amarillas en la estación de primavera y el LT de las hembras maduras. ($Y = -14,22 + 0,029 LT$).

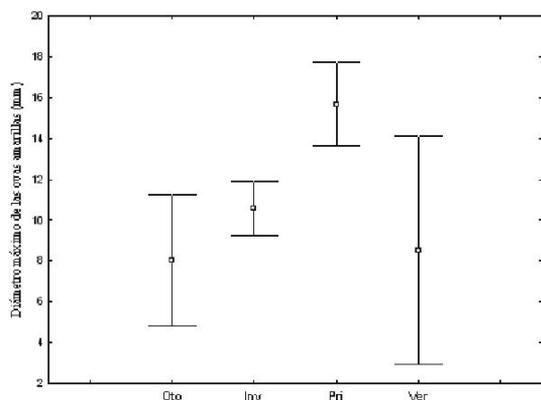


Fig. 8c. Valor medio y desvío estándar del diámetro máximo de las ovas amarillas para cada estación. Diferencias significativas entre primavera-otoño, primavera-verano, otoño-verano, invierno-verano y otoño-invierno ($P < 0,05$). (□) Media, Barra = DE.

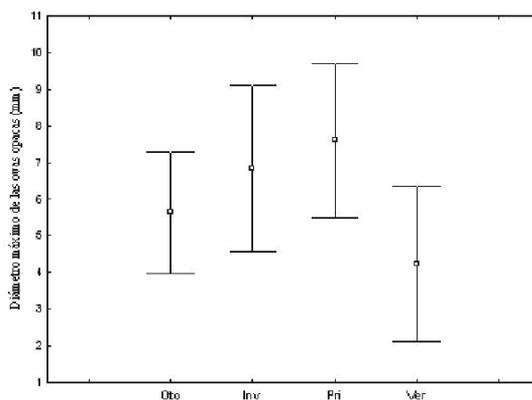


Fig. 8d. Valor medio y desvío estándar del diámetro máximo de las ovas opacas para cada estación. Diferencias significativas entre primavera-otoño, primavera-verano, otoño-verano, invierno-verano y otoño-invierno ($P < 0,05$). (□) Media, Barra = DE.

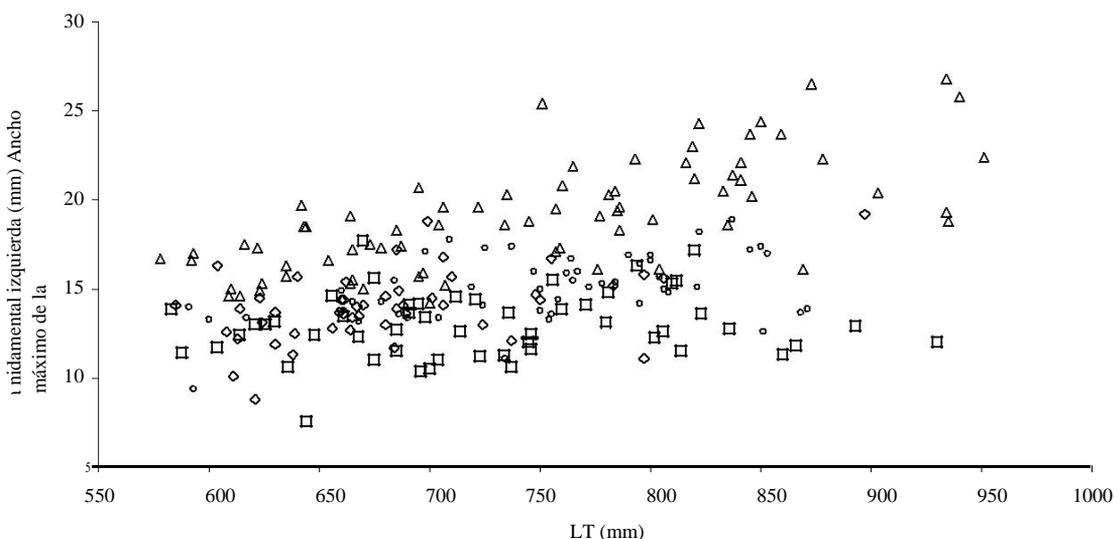


Fig. 9a: Relación entre el diámetro máximo de la glándula nidamental izquierda y el LT de las hembras maduras para cada estación. (□) otoño, (○) invierno, (+) primavera y (◊) verano.

por camada varió entre 1 y 16, siendo la cifra más frecuente 4, con una media de 5,73 embriones. La relación entre el número de machos y de hembras en las crías es de 1,05:1 y no difirió de la relación 1:1 esperada ($P > 0,05$). La talla máxima de embriones fue de 264 mm de LT y 57,3 gr para los machos y 262 mm de LT y 49,5 gr para las hembras y correspondió a la muestra de primavera. La relación PT-LT mostró un crecimiento que se puede describir mediante una función alométrica para ambos sexos ($P < 0,05$; $PT = 4,193 E-06 LT^{2,948}$), y se observó que no existen diferencias significativas entre sexos en el crecimiento intrauterino ($P > 0,05$).

Durante el muestreo de verano todos los embriones presentaron un saco vitelino externo. En otoño a un LT de 151 mm (57,2% del LT máximo embrionario en la muestra), se observó que se terminó de absorber todo el saco externo (Fig. 12). En invierno se encontraron sólo cuatro embriones con saco vitelino externo, de un total de 158. En el muestreo de primavera no se encontró ningún embrión con saco vitelino externo ($N = 291$); en cambio pudo observarse en la cara ventral media de los embriones una cicatriz en el lugar de unión del saco vitelino. Se observó que los embriones más grandes ocupan la porción posterior del útero. Inversamente a la dis-

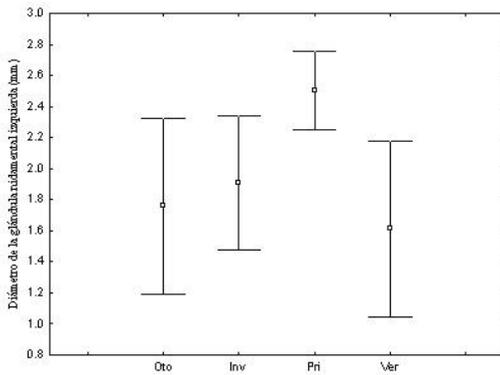


Fig. 9b. Valor medio y desvío estándar del diámetro de la glándula nidamental izquierda estandarizada de las hembras maduras para cada estación. Diferencias significativas entre primavera-otoño, primavera-verano, invierno-verano, otoño-verano, invierno-primavera y otoño-invierno ($P < 0,05$). (□) Media, Barra = DE.

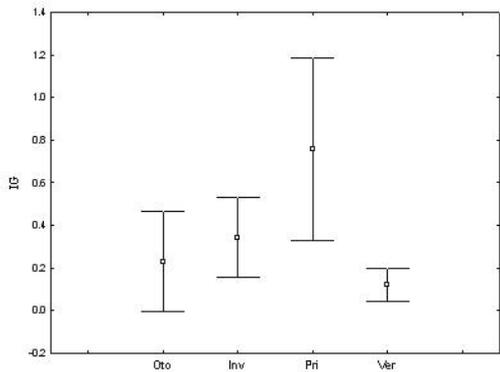


Fig. 10a. Valor medio y desvío estándar del IG de las hembras para cada estación. Todas las estaciones presentan diferencias significativas ($P < 0,05$). (□) Media, Barra = DE.

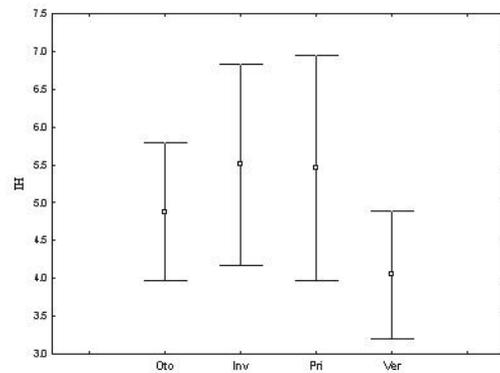


Fig. 10b. Valor medio y desvío estándar del IH de las hembras para cada estación. Diferencias significativas entre primavera-verano, invierno-verano y otoño-verano ($P < 0,05$). (□) Media, Barra = DE.

minución del saco vitelino se pudo constatar un crecimiento progresivo del LT medio de las camadas entre el otoño y la primavera, renovándose el ciclo en el verano (Fig. 13).

DISCUSION

Entre los tiburones Carcharhiniformes es común observar que las hembras crezcan hasta mayores tallas que los machos (Höenig & Gruber, 1990). En concordancia con esto, las hembras de *M. schmitti* alcanzaron una mayor talla y peso corporal que los machos.

La relación entre el largo y el peso de un animal ha sido expresada mediante una proporción o ecuación alométrica del tipo $W = k L^3$, donde W es el peso, k el índice ponderado, L cualquier dimensión lineal y 3 el exponente de peso corporal (Schmidt-Nielsen, 1984; Thompson, 1992). En tiburones esta ecuación ha sido muy utilizada en años recientes, calculándose para numerosas especies (Compagno, 1984, 2001). En *M. schmitti*, además de observarse diferencias significativas entre los sexos para las ecuaciones alométricas, se hallaron valores del exponente de peso corporal iguales a los reportados por Menni (1985), que en el caso de las hembras resultó un 13 % mayor que el valor esperado de 3. Se sabe que *M. schmitti* es una especie con alta producción relativa de biomasa neonatal por año (Vooren, 1992). Comparando los resultados de las curvas LT - PT y LT - PC podemos concluir que en el caso de las hembras existe un sesgo en la muestra dado por la relativa abundancia de hembras preñadas (82,9% de las maduras) y ningún ejemplar entre la talla de nacimiento y los 417 mm de LT.

Los valores de madurez del 50% han sufrido variaciones en el tiempo y podrían ser signo preocupante de la presión pesquera a la que está sometida la especie (Tabla 3).

Menni *et al.* (1986) caracterizan a *M. schmitti* como un tiburón de ciclo anual bien definido. La variación estacional del IG estimada en este trabajo es característica de una especie de ciclo anual bien definido, siendo la primavera la estación donde las hembras presentan el máximo valor del índice atribuible a cambios estacionales en la vitelogénesis (Fig. 8c) acompañados por cambios en el estado de la glándula nidamental (Fig. 9b), y los machos el mínimo valor del índice cuando los testículos se encuentran en etapa de post evaluación (Fig. 5).

En su estudio sobre la función del hígado y los lípidos hepáticos en *Rhinobatos annulatus*, Rossouw (1987) concluye que en los elasmobranchios, las variaciones cíclicas del IH se deben a fluctuaciones en el contenido de lípidos

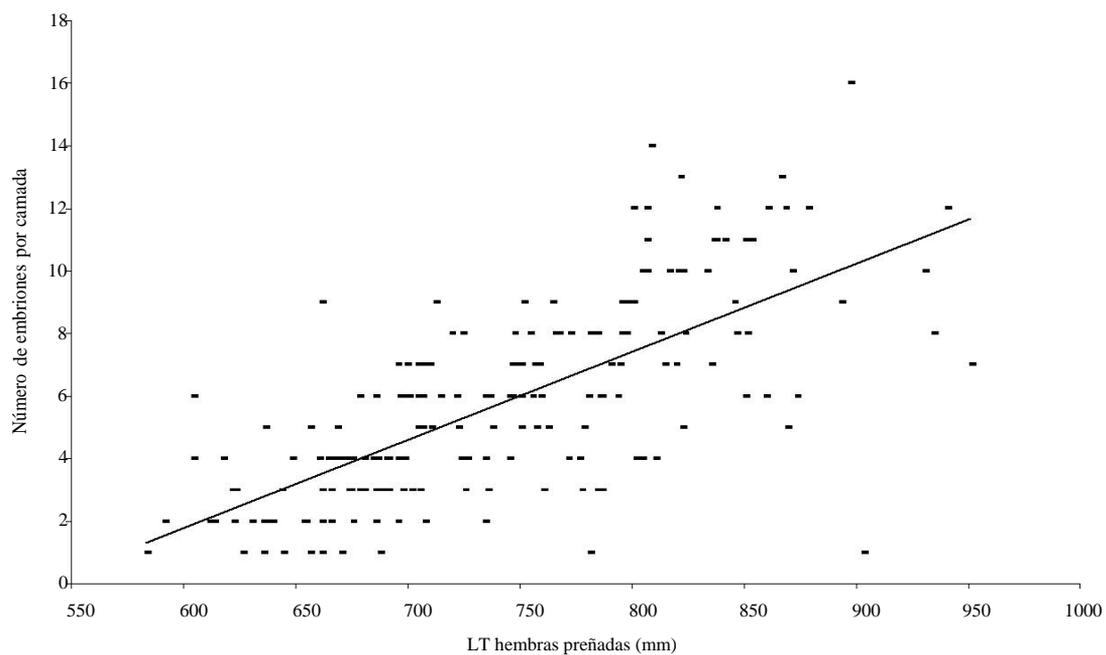


Fig. 11. Relación entre el número de embriones por camada y el LT de las hembras preñadas. ($Y = -15,1169 + 0,0282 \text{ LT}$, $P < 0,05$).

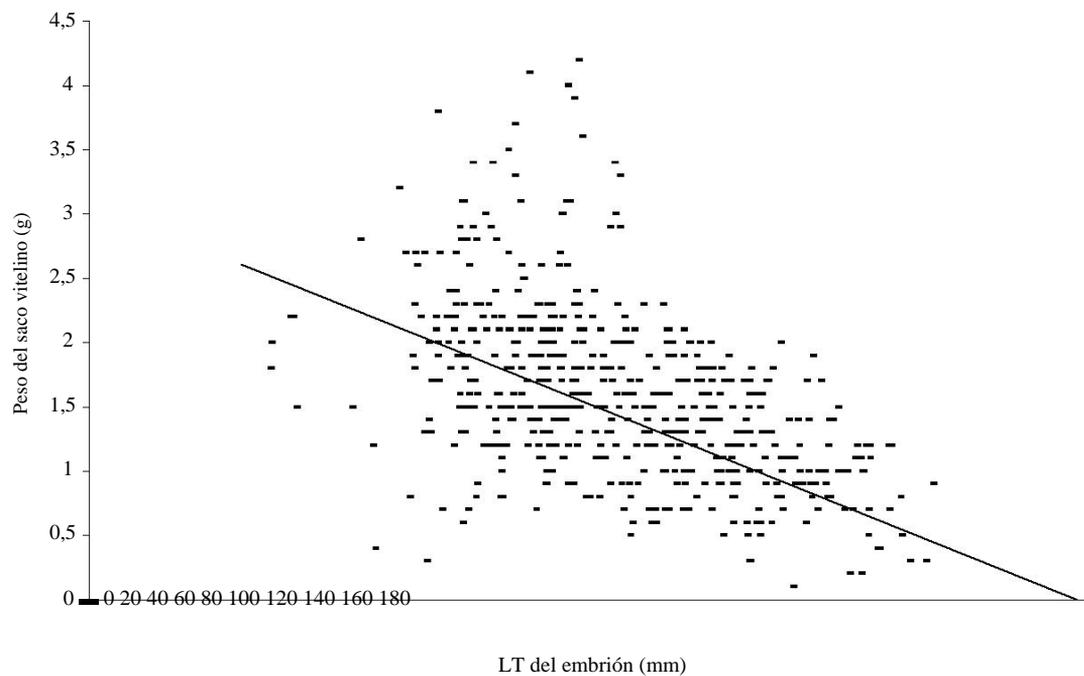


Fig. 12. Relación entre el peso del saco vitelino y el LT de los embriones. ($Y = 3,0263 - 0,0152 \text{ LT}$), $P < 0,05$).

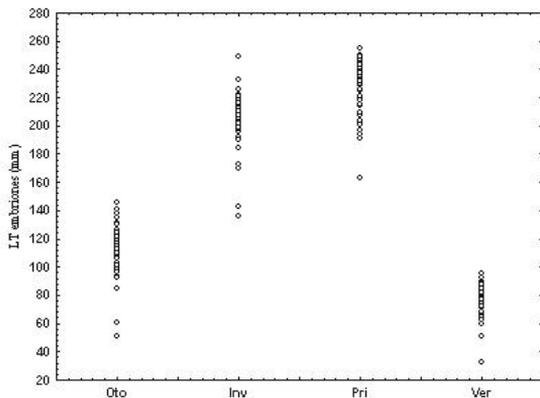


Fig. 13. LT medio de los embriones por camada para las cuatro estaciones.

totales del hígado, y que sólo en parte podrían estar ligadas a la vitelogenénesis en las hembras. En la misma área de estudio y trabajando con la pequeña raya *Psammobatis extenta*, Braccini & Chiaramonte (2002) encontraron un patrón similar de IH, con valores mayores en otoño e invierno, concluyendo que estas fluctuaciones serían consecuencia de cambios en la calidad y cantidad de la dieta, cambios demostrados por Braccini & Perez (2005). Dávalos *et al.* (2000) señalaron que en el área de Puerto Quequén *M. schmitti* presentaba variaciones estacionales en su dieta, predominando los crustáceos decápodos durante el otoño y el invierno. Así, el comportamiento predadorio de la especie podría estar modulando el patrón de IH observado en este trabajo, quedando para subsecuentes estudios el demostrar si la disminución del IH observada hacia el verano está además ligada a un comportamiento de cortejo y/o apareamiento.

El aumento del número de embriones en útero con el aumento del LT de la madre ha sido puesto en duda en el caso de *Galeorhinus galeus*, tiburón de la misma familia que *M. schmitti* (Walker, 1999). Por otra parte, Menni *et al.* (1986) estudiaron el aumento de la talla de los embriones con el aumento de la talla de la madre y encontraron una correlación muy baja y negativa, proponiendo que este hecho estaría relacionado con que el número de embriones es mayor para tallas maternas más altas. Los resultados aquí discutidos nos permiten afirmar sobre bases estadísticas, que en esta especie las hembras de mayores tallas invierten recursos en tener un mayor número de crías y no en embriones de tamaños mayores.

En conclusión, podemos afirmar que cualquier alternativa de manejo pesquero de *M.*

Tabla 3. Evolución temporal de los valores calculados de la talla del 50% de madurez sexual en *M. schmitti*.

Año	Machos	Hembras	Fuente
1978	600	621	Menni <i>et al.</i> , 1986.
1993	549	605	Díaz de Astarloa <i>et al.</i> , 1997.
1994	576	599	Cousseau <i>et al.</i> , 1998.
2003–2004	567	598	El presente trabajo.

schmitti debe tener en cuenta el aumento en el aporte reproductivo de las hembras más grandes, el marcado ciclo anual con partos hacia fines de primavera y comienzo del verano, y el hecho que la disminución de la longitud total de 50% de madurez sexual es un signo inequívoco de sobreexplotación de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Lics. Ana Barreira y Eugenio Coconier, a la Srta. María Laura Habegger y al Técnico José Luis Nogueira (Estación Hidrobiológica de Puerto Quequén – CONICET) por el apoyo prestado en el trabajo de campo. A David Iglesias, Miguel Angel Di Russo, Miguel Masas y Rosa Rodríguez de «Pesquera Iglesias». A Roque Bruno y personal de «Pescadería Santa Cecilia». A la Unidad de Enseñanza Universitaria de Quequén, Universidad Nacional de Centro. Y especialmente a D.A.M. y N.V.

BIBLIOGRAFIA

- Braccini, J. M. & G. E. Chiaramonte. 2002. Reproductive biology of *Psammobatis extenta*. *Journal of Fish Biology* 61(1): 272-288.
- Braccini, J. M. & J. E. Perez. 2005. Feeding habits of the sand skate *Psammobatis extenta*: quantitative analyses of sexual, seasonal and ontogenetic effects. *Marine and Freshwater Research* 56(4): 395-403.
- Chiaramonte, G. E. 1998. Shark fisheries in Argentina. *Marine and Freshwater Research* 49(7): 601-9.
- Chiaramonte, G. E. & A. D. Pettovello. 2000. The biology of *Mustelus schmitti* in southern Patagonia, Argentina. *Journal of Fish Biology* 57(4): 930-942.
- Clark, E. & K. von Schmidt. 1965. Sharks of the Central Gulf Coast of Florida. *Bulletin of Marine Science* 15(1): 13-83.
- Compagno, L. J. V. 1984. *FAO species catalogue 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Parts 1 & 2.* FAO Fisheries Synopsis, 125, Rome, 655 pp.
- 2001. *Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orecto-*

- biformes*) . FAO Species Catalogue for Fishery Purposes, No. 1, Vol. 2. FAO, Rome, 269 pp.
- Cousseau, M. B. 1986. Estudios biológicos sobre peces costeros con datos de dos campañas de investigación realizadas en 1981. V. El 'gatuzo' (*Mustelus schmitti*). *Publicación de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo Argentino-Uruguayo* 1: 60-6.
- Dávalos, J., J. Pérez, G. Pastorino, L. Cappozzo & G. Chiaramonte. 2000. Seasonal variation on diet of the narrownose smooth -hound, *Mustelus schmitti*, from Puerto Quequén, Argentina. Abstract, 2000 Annual Meeting of the American Elasmobranch Society, La Paz, Baja California, Mexico, Junio. <http://www.flmnh.ufl.edu/fish/organizations/aes/abst2000b.htm>
- Díaz de Astarloa, J. M., C. R. Carozza, R. A. Guerrero, A. G. Baldoni & M. B. Cousseau. 1997. Algunas características biológicas de peces capturados en una campaña costera invernal en 1993, en el área comprendida entre 34° y 42° S (Atlántico Sudoccidental) y su relación con las condiciones ambientales. Informe Técnico INIDEP No. 14, 35 pp.
- Figueiredo, J.L. 1977. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. I. Introdução, Cações, raias e quimeras*. Edições Museu de Zoología, Universidad do São Paulo, pp. 1-104.
- Hoening, J.M. & S. H. Gruber. 1990. Life history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. En: Pratt, H. L. Jr, S. H. Gruber & T. Taniuchi (eds.), *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*, pp. 1-16, NOAA Technical Report, NMFS 90.
- Holden, M. J. 1973. Are long-term sustainable fisheries for elasmobranchs possible? *Rapports et Procés-Verbaux des Reunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 164 : 360-370.
- Menni, R. C. 1985. Distribución y biología de *Squalus acanthias*, *Mustelus schmitti* y *Galeorhinus vitaminicus* en el Mar Argentino en agosto-setiembre de 1978 (Chondrichthyes) . *Revista del Museo de La Plata, (ns) secc. Zoología* 13(138): 151-182.
- 1986. Shark biology in Argentina: a Review. En: Uyeno, T., R.Arai, T. Taniuchi & K. Matsuura (eds.), *Indo-Pacific fish biology: Proceedings Second International Conference Indo-Pacific Fishes*, pp. 425-436, Ichthyological Society of Japan, Tokyo.
- Menni, R. C., M. B. Cousseau & A. E. Gosztanyi 1986. Sobre la biología de los tiburones costeros de la Provincia de Buenos Aires. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 213: 3-27.
- Rossouw, G. J. 1987. Function of the liver and hepatic lipids of the lesser sand shark, *Rhinobatos annulatus* (Müller & Henle). *Comparative Biochemical Physiology* 86B: 785-790.
- Schmidt-Nielsen, K. 1984. *Scaling: why is animal size so important?* Cambridge University Press, New York, 241 pp.
- Souto, C. F. M. 1986. Estudo comparativo da reprodução nos cações *Mustelus schmitti*, Springer 1939 e *M. canis*, Mitchill 1815 (Pisces: Squaliformes), na plataforma continental do Rio Grande do Sul - Brasil. Ms. Sc. thesis. Universidade do Rio Grande, 121 pp.
- Thompson, D. W. 1992. *On growth and form* (an unabridged, unaltered republication of the work first published by the Cambridge University Press, Cambridge, England, 1942, under the title *On Growth and Form: A New Edition*). Dover Publications Inc., Mineloa, 1116 pp.
- Vooren, C. M. 1992. Strategies reproductives comparées de huit espèces de selaciens vivipares du sud du Brésil. *Bull. Soc. zool. Fr.* 117(3):303-312.
- Walker, T. I. 1999. *Galeorhinus galeus* fisheries of the world. En: Shotton, R. (ed.) *Case studies of management of elasmobranch fisheries*, FAO Fisheries Technical Paper 378: 728-773.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. New Jersey, Prentice Hall, 917 pp.

Recibido: 04-IV-2005

Aceptado: 25-VII-2005