



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

2005

TESIS DE GRADO

**“BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA SARAQUITA,
Ramnogaster arcuata (Jenyns, 1842) DEL ESTUARIO DEL RÍO
DE LA PLATA”**

Alumna: **Karina Andrea Rodrigues**

Director: **Dr. Gustavo J. Macchi**

Co-Director: **Dr. Eduardo M. Acha**

Subdirectora: **Lic. María Inés Militelli**

ÍNDICE

	PÁGINA
RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
RESULTADOS.....	12
DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	36

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la reproducción de saraquita, *Ramnogaster arcuata*, en el estuario del Río de la Plata.

El material de trabajo procedió de dos campañas de investigación realizadas por el BIP Dr. Eduardo L. Holmberg perteneciente al INIDEP, en el estuario del Río de la Plata en el mes de junio de 1998 y de 1999. Durante las mismas se muestrearon 331 hembras y se registraron los datos de temperatura y salinidad. De forma complementaria se analizaron todas las campañas realizadas a esa zona durante los últimos 11 años, con el fin de determinar si el grado de aparición de *R. arcuata* difería en las distintas épocas del año.

Los resultados hallados permiten afirmar que hay un mayor predominio de esta especie en meses invernales y que se encuentra en actividad reproductiva en junio.

La comparación de tallas entre hembras y machos mostró que la media fue mayor para las primeras en ambos años. No se registró segregación espacial de los sexos durante la actividad reproductiva.

El análisis microscópico de los ovarios evidenció un reclutamiento constante de ovocitos inmaduros relacionado con un patrón de puestas parciales. Se realizaron mediciones del diámetro y peso seco de los ovocitos hidratados, y no se halló una relación significativa con la talla de las hembras. Sin embargo, se obtuvieron diferencias significativas entre el peso seco en ambos años, siendo mayor en 1999.

La frecuencia reproductiva se estimó calculando el porcentaje de hembras con FPOs 1 y 2 en la muestra, obteniéndose un valor promedio de aproximadamente 6 días.

La determinación de la fecundidad parcial se estimó a partir de los ovarios con ovocitos hidratados utilizando el método gravimétrico. Esta variable se encontró entre 669 y 2026 ovocitos para hembras entre 75 y 98 mm Lt durante 1998 y entre 570 y 1834 ovocitos para individuos entre 82 y 116 mm Lt en 1999. En este último año, se obtuvo un ajuste de tipo lineal con la longitud y el peso de las hembras. La fecundidad relativa presentó un valor medio de 235 ovocitos para 1998 y 154 ovocitos para 1999, no evidenciándose en ningún caso relación significativa con la talla o peso de las hembras. Durante este último año los valores de peso seco ovocitario fueron más altos que en 1998, lo cual podría compensar en parte la fecundidad parcial más baja.

Los resultados hallados en el presente trabajo, sugieren que la táctica reproductiva de *R. arcuata* posee algunas características propias de especies que se reproducen en aguas frías y otras típicas de los desovantes de aguas templadas. En cuanto a las primeras posee ovocitos

relativamente grandes, sin gota oleosa y puesta a bajas temperaturas y, en concordancia con las especies de aguas templadas, es un desovante parcial con fecundidad anual indeterminada, lo cual es característico de especies con una temporada reproductiva extensa.

Palabras clave: saraquta, *Ramnogaster arcuata*, reproducción invernal

INTRODUCCIÓN

La capacidad de producir nuevos individuos es una de las características fundamentales de los organismos vivos. Todas las especies de animales pluricelulares tienen un período de vida limitado, y la supervivencia de la especie requiere de un mecanismo que permita la producción de nuevas generaciones, es decir, la capacidad de **reproducción** (lat. *re* nuevamente; *producere* producir) (Geneser, 1996). El conjunto de características reproductivas que los individuos intentarán manifestar para dejar descendencia constituye la estrategia reproductiva de una especie (Wootton, 1984). Dentro de este patrón general se encuentran aspectos particulares, tales como la talla o edad de primera madurez, la fecundidad, el tamaño de las gametas o la extensión del ciclo de puesta, que pueden variar en función de las características ambientales, dando origen a diferentes tácticas reproductivas (Potts y Wootton, 1984; Macchi y Pájaro, 2003).

La selección natural puede favorecer, en un ambiente particular, con sus requerimientos numerosos y contrapuestos, el ciclo vital que haya tenido mayor éxito al dejar un número final más alto de descendientes (Begon *et al.*, 1999). Es decir, que dicha selección opera favoreciendo a la estrategia reproductiva mejor adaptada respecto del ambiente ocupado por la especie en cuestión, haciendo notar que ese ambiente incluye a todas las demás especies con las que la misma interactúa. Sintéticamente, las estrategias reproductivas reflejan hábitat y filogenia (Acha, 1999).

Los peces son el grupo más diverso y ancestral de vertebrados. Han permanecido en el agua, ambiente en el cual los vertebrados comenzaron su evolución, desarrollando el mayor rango de estilos reproductivos dentro del grupo (Bruton, 1990). El rol de la reproducción en peces -como en todos los organismos- es perpetuar las especies, asegurar de esta manera la mezcla génica así como la adaptación por selección, y permitir el desarrollo de nuevas especies por mutación (Hempel, 1979). Kryzhanovsky (1940), por medio de un amplio conocimiento de los hábitats reproductivos de diferentes especies, realizó una clasificación ecológica basada en las áreas de puesta y el grado de cuidado parental. Este sistema fue expandido y renombrado como una clasificación de gremios reproductivos por Balon (1975). Tales clasificaciones ecológicas son particularmente usadas para el entendimiento de los requerimientos del hábitat de los estadios de vida tempranos (Fuiman y Werner, 2002).

A pesar de la gran diversidad de estilos reproductivos descritos por Balon (1975; 1984), la mayoría de los peces marinos pertenecen al gremio de desovantes pelágicos: no

poseen cuidado parental, los sexos son separados y la fertilización es externa, liberando y dispersando gran cantidad de pequeños huevos nutricionalmente muy pobres en el ambiente pelágico (Balon, 1984; Bone *et al.*, 1995; Jobling, 1995). Esta modalidad reproductiva típica está abierta sin embargo a muchas modificaciones. Los huevos pelágicos y las larvas se producen en un muy alto número, asegurando la flexibilidad necesaria en la distribución de los peces en un ambiente cambiante y proveyendo las bases para la selección (Hempel, 1979).

La saraquta, *Ramnogaster arcuata*, es un pez perteneciente a la Familia Clupeidae. Esta familia tiene distribución mundial y es una de las de mayor importancia tanto económica como ecológica (Ahrenholz, 1991). Está constituida por unas 300 especies (Cervigón, 1980) que habitan principalmente ambientes marinos y en menor proporción de agua dulce, tanto en las zonas tropicales como templado-frías.

La saraquta es un pez costero, pelágico, que habita ambientes estuariales pero que aparentemente no ingresa en agua dulce (Whitehead, 1985). Su tamaño es pequeño, alcanzando una longitud estándar cercana a los 9 cm. Estudios de crecimiento han establecido la existencia de individuos de hasta 3 años de edad, estimándose un L_t infinito de 13,5 cm (Lopez Cazorla, 1992). *R. arcuata* es un pez ovulíparo, esto se refiere a la condición en que del tracto reproductivo de la hembra son liberados los óvulos, que son fertilizados en el ambiente externo.

El área de distribución de esta especie abarca el Atlántico Sudoccidental, desde el sur de Brasil (estuario de la Lagoa dos Patos) hasta Bahía Blanca en la provincia de Buenos Aires, aunque se han mencionado registros de esta especie en zonas más australes, hasta Bahía Suárez (Provincia de Santa Cruz) (Cousseau, 1982) y el Canal de Beagle (Whitehead, 1985). Vieira y Castello, la citan como una especie estuario-residente para la laguna de los Patos (Cousseau *et al.*, 2001). Mianzan *et al.* (2001), se refieren a *Ramnogaster arcuata* como una especie conspicua en el estuario del Río de la Plata.

El estuario del Río de la Plata se localiza entre 35° - 36° 20'S y 55° - 57° 20' W, presentando un área de aproximadamente 35.000 Km^2 , con profundidades en el orden de 5 a 15 m, con un volumen de aporte de agua continental de alrededor de $20.000 \text{ m}^3/\text{seg}$, siendo el mayor del litoral costero argentino (Acha y Macchi, 2000). Presenta un rango salino que va desde el agua totalmente dulce hasta el agua con salinidad típica de la plataforma continental (0-33 ups).

El estuario se caracteriza por una estratificación en dos capas de agua, una superficial, diluida y menos densa de origen continental, por sobre una capa de fondo salina y más densa originada en plataforma. Ambos estratos están separados por una marcada haloclina, donde

han sido medidos altos valores de gradiente vertical de salinidad (Guerrero *et al.*, 1997). La capa de agua salada forma una cuña que se introduce desde el mar entre el agua del río y el lecho del estuario (Acha y Mianzan, 2003). En el extremo de máxima penetración de esta cuña se genera una estructura frontal de fondo que se caracteriza por una alta concentración de material particulado, definiendo un frente de turbiedad que se sitúa aproximadamente entre Montevideo y Punta Piedras (Framiñan y Brown, 1996). En general la capa superior, de agua dulce, es más pobre en peces y plancton que la capa salina de fondo (Mianzan *et al.*, 2001); asimismo este régimen de salinidad juega un rol importante en los procesos reproductivos de los peces (Macchi *et al.*, 1996; Mianzan *et al.*, 2001).

Los peces estuarinos en general se reproducen en forma repetida durante la estación de puesta, la duración de la misma varía con la latitud. Esta variación se observa tanto entre especies como dentro de una misma especie. *Fundulus heteroclitus* tiene una amplia extensión latitudinal en su distribución, comprendiendo las costas del Atlántico en Canadá y Estados Unidos. En el extremo sur de su localización (30°N) se reproducen desde enero a septiembre, pero en su extremo norte (41° 30') el pico de puesta abarca desde mayo a julio (Munro *et al.*, 1990). Los peces estuarinos que producen huevos pelágicos no son comunes dada la alta exportación hacia aguas marinas adyacentes de los estadios tempranos de desarrollo (Dando, 1984; Haedrich, 1992; Potter *et al.*, 1993), sin embargo existen estuarios con características tales que permiten su retención. Entre estas características se encuentran la convergencia de masas de agua en el frente, la densidad de los huevos que los mantendría en la capa de fondo y la enorme escala espacial, de modo que aunque la retención en el frente de fondo de los huevos y pequeñas larvas resulte imperfecta, la longitud de la cuña salina es de tal magnitud que las larvas alcanzarían a desarrollarse suficientemente como para realizar movimientos verticales y aprovechar la circulación de la cuña salina (Acha *et al.*, 1999). Dentro del conjunto de peces que aprovechan estas características se encuentran la corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) y la saraca (*Brevoortia aurea*), cuya puesta en el estuario del Río de la Plata se encuentra asociada al frente salino de fondo (Macchi *et al.*, 1996; Acha y Macchi, 2000).

En general, los peces se reproducen en regiones muy pequeñas comparadas con su área de distribución geográfica. La localización espacial y temporal de las actividades reproductivas reviste una gran importancia práctica (por ejemplo como elementos para estrategias de manejo), así como un gran interés científico, vinculado a la ecología y a la biología evolutiva. La caracterización oceanográfica (en términos dinámicos, y en sus rangos termohalinos) y biológica (en cuanto a la presencia de presas y predadores del ictioplancton)

de las áreas de puesta y cría, y de las posibles rutas larvales, constituyen un esfuerzo por comprender la selección de los hábitats reproductivos.

En el caso de la saraqita se desconocen aspectos básicos de la reproducción de esta especie. Dentro del estuario del Río de la Plata las mayores abundancias de adultos de *R. arcuata* se han detectado durante el invierno, lo cual supone la existencia de concentraciones reproductivas durante esa época del año. Esto constituye un hecho significativo, teniendo en cuenta que la mayoría de las especies analizadas en esta zona son reproductores de primavera-verano (Acha, 1999).

El objetivo principal del presente trabajo es analizar la biología reproductiva de *Ramnogaster arcuata* en el estuario del Río de la Plata sobre la base de estudios macroscópicos e histológicos de las gónadas femeninas. El análisis de aspectos tales como el mecanismo de puesta, el patrón de desarrollo ovocitario, la fecundidad y caracterización oceanográfica del área de puesta brindarán información sobre la estrategia reproductiva de la especie, actualmente desconocida.

MATERIALES Y MÉTODOS

■ Obtención de muestras y datos oceanográficos

Los ejemplares de *R. arcuata* fueron obtenidos durante dos campañas de investigación realizadas durante el mes de junio en 1998 y en 1999 por el BIP Dr. Eduardo L. Holmberg, perteneciente al Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). El área de trabajo se situó en el estuario del Río de la Plata entre 34°45' y 37°00' S, y 57°15' y 54°30' W, en un rango batimétrico de 7 a 30 m. Durante estos cruceros, cuyo objetivo principal fue la evaluación de especies costeras, se efectuaron lances de pesca con red de arrastre de fondo y se colectaron ejemplares de *R. arcuata* en diferentes zonas del estuario (Figuras 1A y 1B). Este material se conservó en formol al 10 % para su fijación y posterior procesamiento en tierra.

Para caracterizar oceanográficamente el área de reproducción de *R. arcuata* se emplearon los datos de salinidad y temperatura obtenidos por medio de un perfilador continuo (CTD) en diferentes estaciones oceanográficas correspondientes a cada campaña. A partir de esta información se analizó el campo de salinidad de fondo mediante el trazado de isolíneas. Los datos de temperatura y salinidad de fondo de los lances muestreados se utilizaron para analizar la distribución de la especie, es decir, determinar en que rangos de estas variables se localiza *R. arcuata*.

Adicionalmente, y con el propósito de establecer la presencia de la especie en diferentes épocas del año, se analizaron todas las campañas efectuadas por el Proyecto Costero en el estuario del Río de la Plata desde el año 1993.

■ Datos biológicos y procesamiento histológico

Después de la fijación se registró el peso total en g (Pt), longitud total al mm inferior (Lt) y sexo de cada ejemplar. Esta información se utilizó básicamente para estudiar las distribuciones de talla de las muestras y estimar la proporción de sexos en diferentes áreas de distribución. Se testeó la normalidad de las variables y luego se utilizó el test no paramétrico Mann-Whitney para comparar las medias de ambos años.

Se extrajeron los ovarios y se pesaron en una balanza electrónica, obteniendo así el peso gonadal (Pg); de esta manera se estableció el parámetro peso total sin gónadas. Luego los ovarios fueron procesados mediante deshidratación con alcohol etílico en diferentes concentraciones, se aclararon con xilol, y finalmente se incluyeron en parafina. Se realizaron

cortes al micrótopo de aproximadamente 5 μm , los cuales se colorearon con la técnica de hematoxilina-eosina-floxina. A partir de estas preparaciones histológicas, mediante análisis microscópico, se estableció y describió el grado de desarrollo de los ovocitos y se identificaron distintos componentes y formaciones tisulares involucradas en el diagnóstico de la condición madurativa.

■ **Estudio del patrón de desarrollo ovocitario**

Una vez identificados los ovarios maduros (con ovocitos hidratados) se tomaron muestras representativas de los diferentes grupos ovocitarios que componen este estadio (n=500) y se efectuaron mediciones del diámetro máximo con un ocular micrométrico y una magnificación de 4X. De esta manera se estableció la distribución de tallas ovocitarias en el momento previo al desove, con el propósito de describir el patrón de crecimiento ovocitario de la especie.

■ **Estimación de la frecuencia de puesta**

La frecuencia reproductiva fue estimada de acuerdo a la metodología propuesta por Hunter y Golberg (1980) para *Engraulis mordax*. Esta consiste en establecer la proporción diaria de individuos desovantes. Para tal fin, se utilizan como indicadores de puesta los remanentes de las membranas que rodean el ovocito y que quedan en el ovario luego del desove, denominados folículos postovulatorios (FPO). Estas estructuras pueden encontrarse en distintos grados de degradación, dependiendo del tiempo transcurrido desde la puesta; por esta razón suelen considerarse para la estimación únicamente los FPOs en la misma fase de reabsorción. Por ejemplo, en el caso de *E. mordax*, se utilizan los FPOs denominados de tipo I (entre 24 y 48 h desde el desove) debido a que presenta una distribución espacial y temporal más uniforme, a diferencia de los ovocitos hidratados o los FPO 0, que generalmente se distribuyen en forma contagiosa (Hunter y Goldberg, 1980).

En el caso de saraqita se decidió establecer un porcentaje promedio utilizando FPOs en diferente fase de reabsorción, dado que no se contó con una validación de la edad de estas estructuras, tal como se ha descrito para otras especies (Macchi *et al.*, 1996; Macchi & Acha, 2000; Macchi *et al.*, 2003; Militelli & Macchi, 2004; Pájaro y Macchi, 1997).

■ Estimación de la fecundidad

Teniendo en cuenta que la fecundidad parcial (F_p) es el número de ovocitos evacuados en una puesta, se procedió a estimar esta variable a partir del recuento de ovocitos hidratados en el momento previo al desove, es decir en aquellos ovarios con ovocitos hidratados que no presentaban FPOs recientes. Para tal fin se seleccionaron 41 ovarios, 24 correspondientes al año 1998 y 17 al año 1999. La estimación se realizó a partir del método gravimétrico, para lo cual se tomaron tres muestras de tejido correspondientes a la región anterior, media y posterior del mismo ovario. Estas muestras fueron pesadas en una balanza analítica ($\pm 0,1$ mg); posteriormente se determinó el número de ovocitos hidratados presentes en las mismas mediante conteo bajo lupa y se promediaron los valores obtenidos para cada ovario. La fecundidad parcial fue calculada multiplicando el número de ovocitos hidratados por gramo de ovario obtenido de las muestras por el peso gonadal correspondiente a ese individuo. La fecundidad relativa (F_r , número de ovocitos hidratados por gramo de hembra) se determinó obteniendo el cociente entre la fecundidad parcial y el peso total del individuo sin los ovarios.

Las estimaciones de fecundidad (parcial y relativa) se relacionaron con las variables talla y peso total mediante análisis de regresión y correlación. El ajuste de las regresiones fue probado mediante los criterios de error medio cuadrático y relativo y se efectuaron análisis de residuales.

■ Diámetro y peso seco de los ovocitos hidratados

Se seleccionaron ovarios maduros, correspondientes a hembras de distinta longitud total, y se tomaron muestras de ovocitos hidratados de cada gónada ($n = 100$) para la medición del diámetro máximo en todo el rango de tallas. Posteriormente, estas muestras fueron lavadas en agua destilada, secadas en estufa a 60°C durante 24 h, y luego pesadas en una balanza analítica ($\pm 0,1$ mg).

Con el fin de poner a prueba la existencia de probables diferencias en el tamaño de los componentes maduros asociados a la talla de los desovantes, se analizaron los valores de diámetro y peso seco de los ovocitos hidratados en función de la longitud total de las hembras, mediante análisis de regresión y correlación.

RESULTADOS

■ Caracterización ambiental

En las figuras 1A y 1B se observan las isolíneas de salinidad de fondo obtenidas durante el mes de junio en 1998 y en 1999 en el estuario del Río de la Plata. Estos mapas muestran además las zonas en las que se encontró saraquita en las capturas y los lances donde se colectaron ejemplares para el muestreo. En líneas generales se observa que en los muestreos de 1999 la intrusión de agua marina en la zona estuarial fue mayor que para el mismo mes de 1998, tanto en la costa argentina como en la uruguaya.

En 1998 la saraquita se encontró en rangos salinos de 2,5 a 15 UPS. En la campaña de 1999 esta especie fue hallada en aguas con valores más altos, entre 15 y 27,5 UPS, localizándose gran parte de los individuos dentro de la Bahía Samborombón.

La figura 2 muestra los rangos termo-halinos en que fueron capturados los ejemplares de *R. arcuata* estudiados, siendo de 12 - 14°C y 5 - 27.5 UPS.

■ Distribución espacial y temporal de *Ramnogaster arcuata*

El análisis de los datos históricos colectados en el área del Río de la Plata entre los años 1993 y 2004, muestra la presencia de saraquita principalmente en los meses de invierno (Tabla 1). El porcentaje de lances positivos más alto se obtuvo en agosto (38,6 %) y los más bajos entre noviembre y febrero, con valores desde 1,5 a 2,78 %.

Tabla 1. Información sobre presencia de *R. arcuata* en los lances de pesca realizados durante diferentes campañas en el área rioplatense entre 1993 y 2004.

Meses	Campañas	Lances totales	Lances positivos	Porcentaje lances positivos
Febrero	2	133	2	1,50
Marzo	5	191	25	13,09
Mayo	1	22	6	27,27
Junio	4	177	26	14,69
Julio	6	563	74	13,14
Agosto	1	57	22	38,6
Octubre	3	29	1	3,45
Noviembre	8	798	18	2,26
Diciembre	1	108	3	2,78

En cuanto a los mapas que reúnen la totalidad de las campañas desde 1993, se evidenció una mayor concentración de saraquita en la zona delimitada por Montevideo-Punta Piedras y

Punta del Este-Punta Rasa, durante la época invernal, mientras que en verano, además de la disminución de abundancia, se observó un desplazamiento de la especie hacia el sur, por debajo de la Bahía Samborombón (Figura 3).

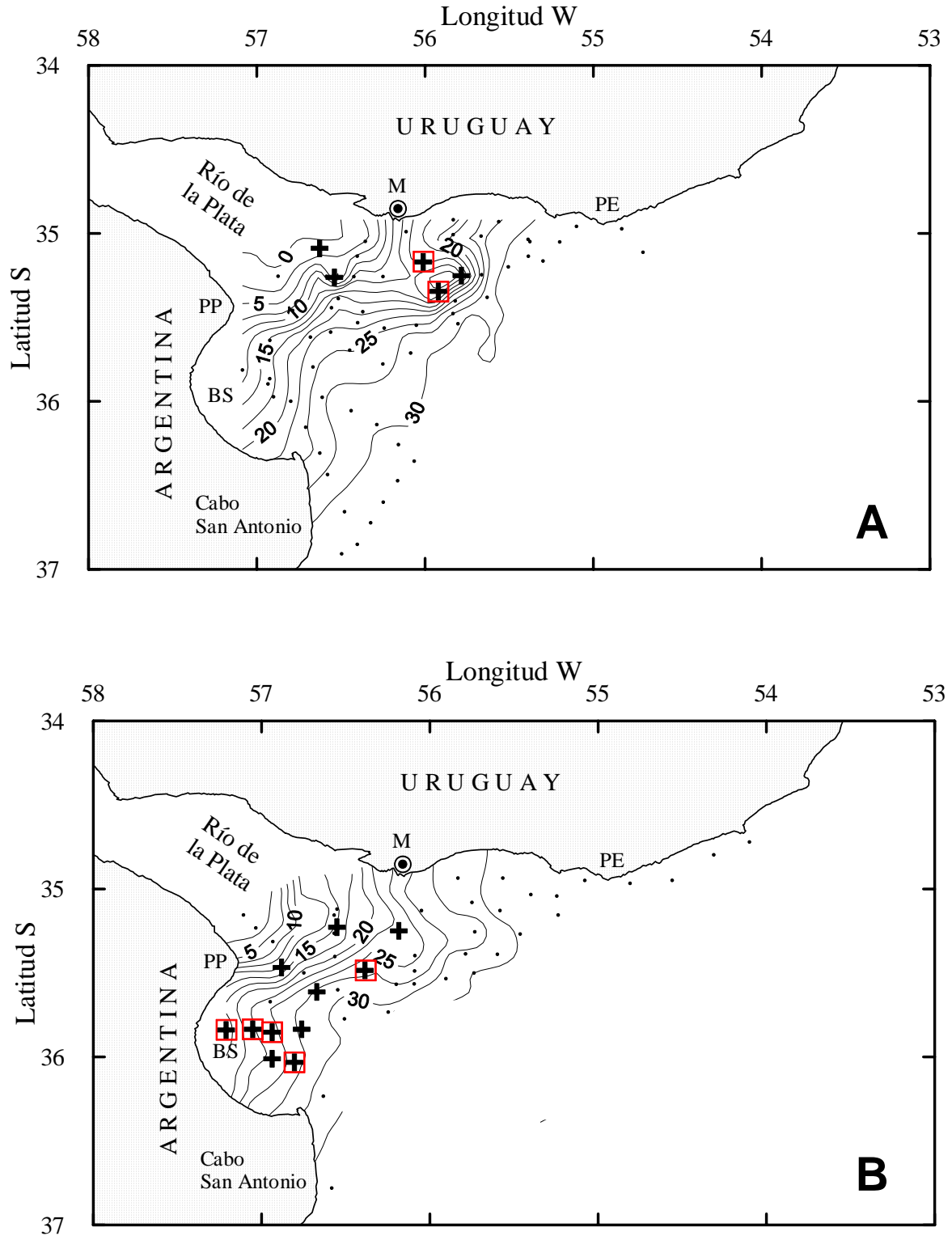


Figura 1. Isolíneas de salinidad de fondo en el estuario del Río de la Plata para el mes de junio de 1998 (A) y de 1999 (B). Las cruces indican las zonas en las que se halló saraquita durante las campañas y el cuadro con cruz los lances que fueron muestreados. (M): Montevideo; (PE): punta del Este; (PP): Punta Piedras; (BS): Bahía Samborombón.

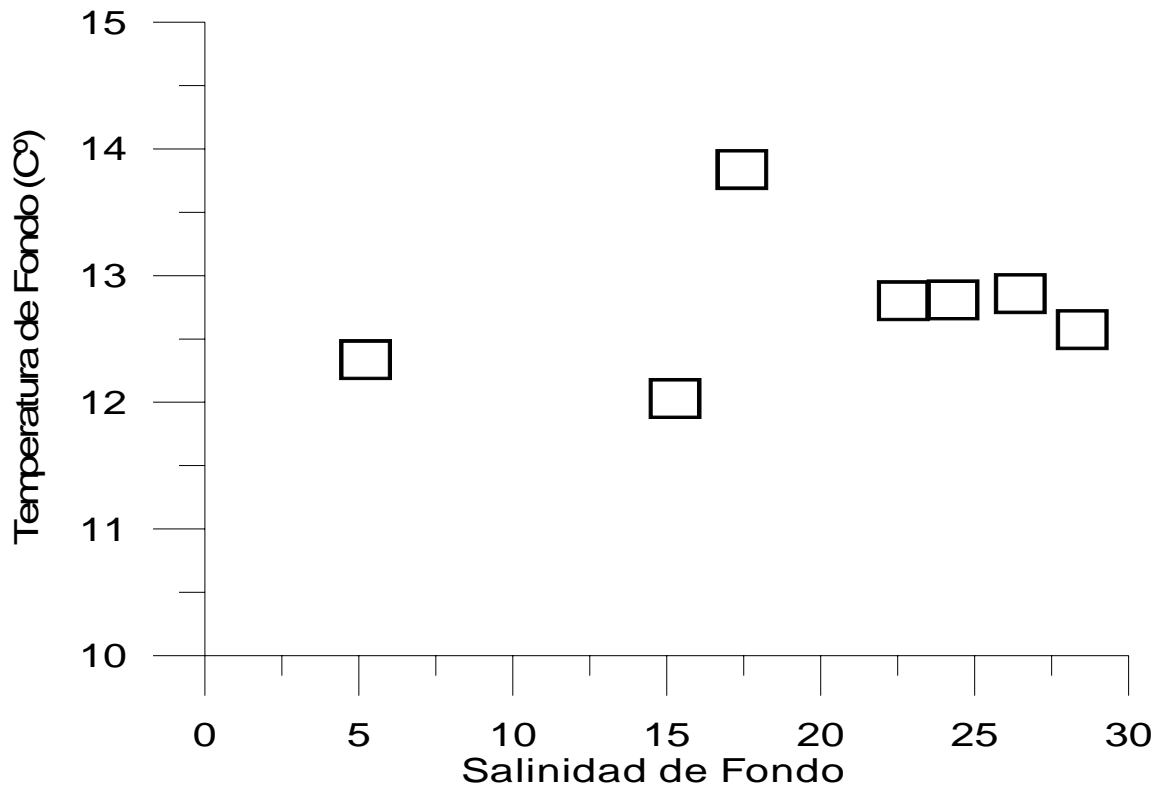


Figura 2. Rangos termo-halinos en que fueron capturados los ejemplares de *R. arcuata* de ambas campañas.

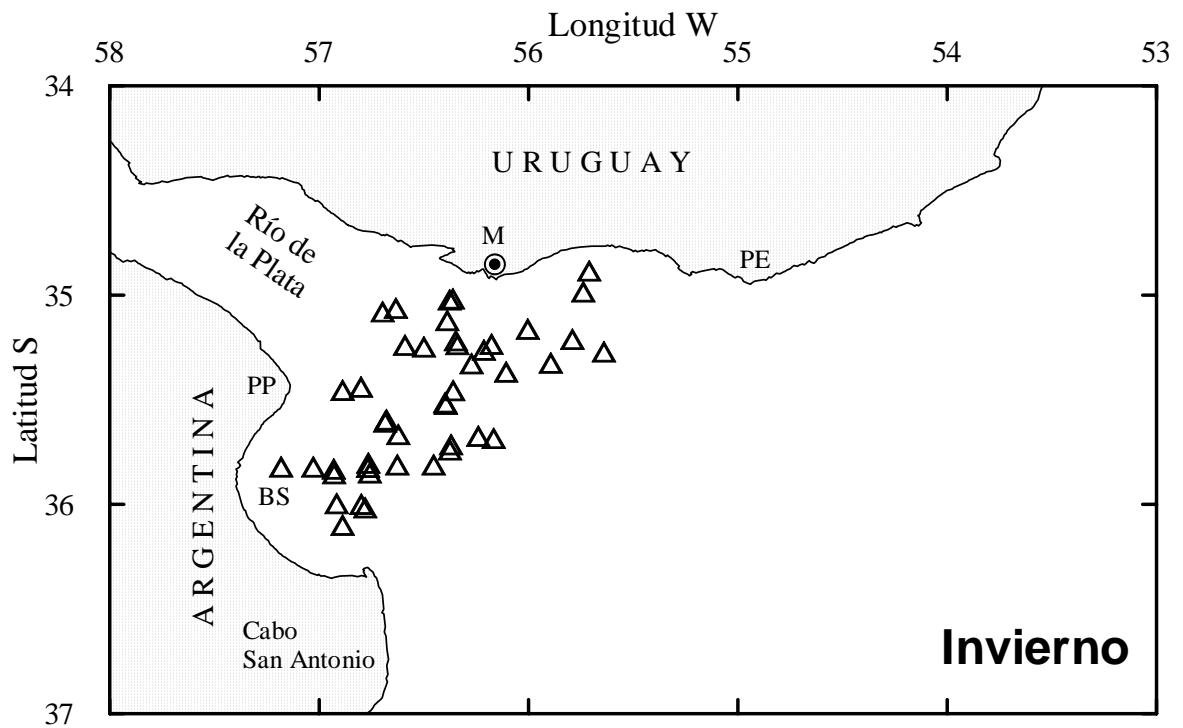
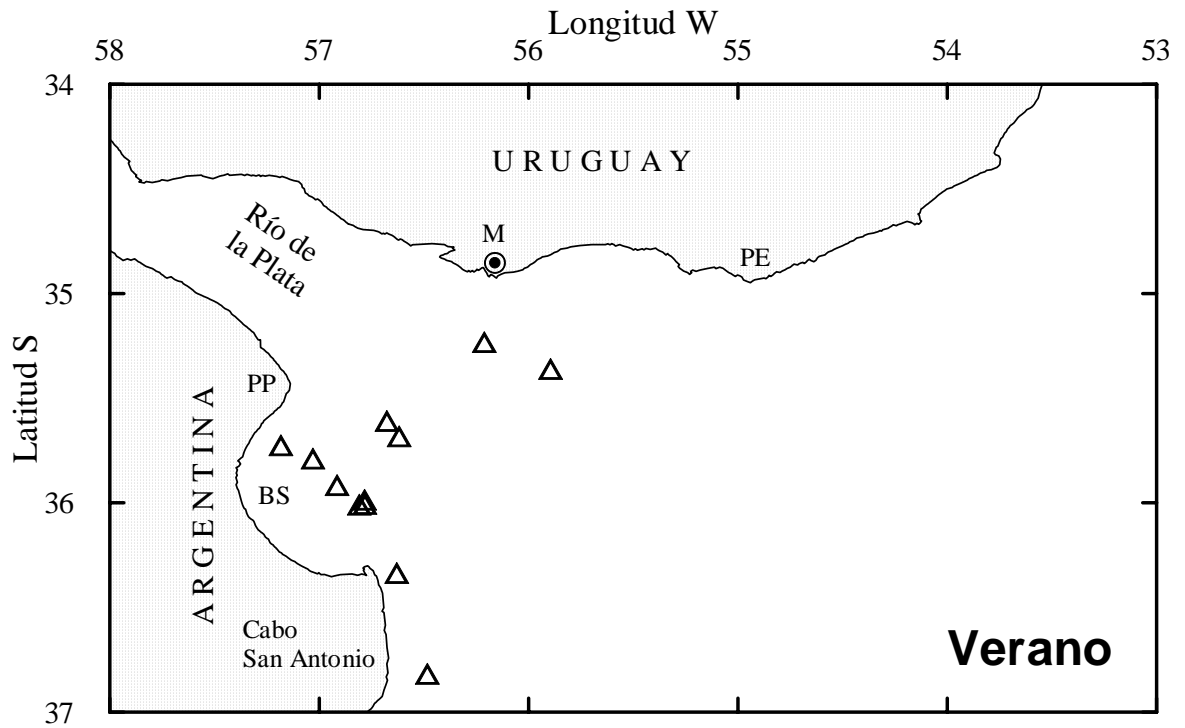


Figura 3. Distribución espacial de ejemplares de *R. arcuata* capturados en verano e invierno, entre los años 1993 y 2004

■ Distribución de tallas y relación de sexos

En el análisis de la distribución de tallas por sexo se pudo observar, tanto para las muestras colectadas en 1998 como en 1999, que en general las hembras alcanzaron mayor tamaño que los machos ($p < 0,0001$) (Figura 4A y 4B). Durante la primera campaña, el rango de longitudes fue más acotado, observándose pocos ejemplares mayores de 100 mm Lt. La comparación entre las distribuciones de tallas por sexo obtenidas para cada lance no arrojó diferencias significativas, tanto para los datos colectados dentro de la misma campaña como para los obtenidos entre campañas.

En 1998, el rango de tallas de 161 machos abarcó entre 67 y 102 mm Lt con una moda principal en 84 mm, mientras que en el caso de las hembras ($n=108$) la longitud total varió entre 75 y 118 mm Lt y se observaron básicamente dos modas, una en 86 y otra en 90 mm Lt (Figura 4A). En junio de 1999, los machos ($n=111$) se presentaron en menor proporción, con una distribución más amplia, el rango de tallas de los mismos abarcó entre 68 y 118 mm Lt con dos modas en 80 y 85 mm Lt. Las hembras ($n=223$) mostraron un rango de tallas entre 75 y 121 mm y evidenciaron dos modos similares a los observados para el año anterior (Figura 4B). No se hallaron diferencias significativas en las medias de las tallas estimadas para ambos años.

En cuanto a la relación de sexos, se observó un predominio de machos para la campaña de 1998, con un cociente de sexos (M/H) de 1,49. Por el contrario, en 1999 predominaron las hembras, siendo el cociente de la relación M/H de 0,49.

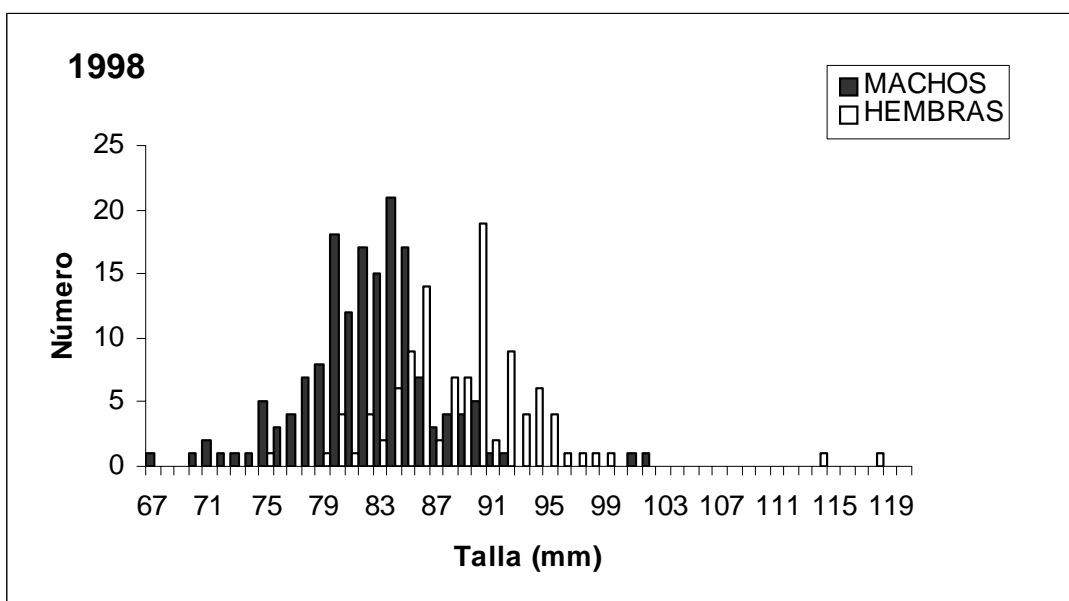


Figura 4A. Distribución de tallas de machos y hembras de *R. arcuata* colectados durante la campaña de 1998.

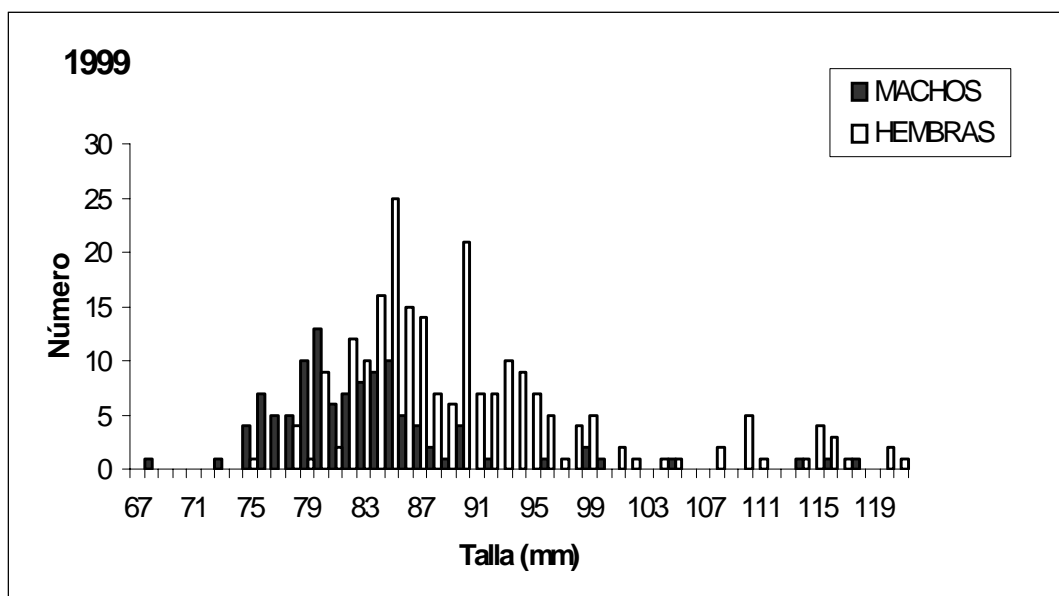


Figura 4B. Distribución de tallas de machos y hembras de *R. arcuata* colectados durante la campaña de 1999.

■ Descripción de las fases de crecimiento ovocitario

Sobre la base del análisis histológico de los ovarios se estableció una escala de crecimiento ovocitario que permitió determinar el grado de madurez gonadal. Esta consistió en:

I- Ovocitos previtelogénicos (pv) o en fase de crecimiento primario. Son de pequeño tamaño (menos de 230 μm), con un citoplasma fuertemente basófilo (violeta). El núcleo es central y en los estadios más avanzados se observan varios nucléolos dispuestos en forma periférica. La relación entre el diámetro del núcleo y el citoplasma (N:C) es aproximadamente 0,5 (Figura 5A, 5C)

II- Ovocitos con alvéolos corticales I (a1). Su tamaño oscila entre 230 y 450 μm , presentan un citoplasma basófilo con pequeñas vesículas de vitelo (incolores) localizadas en la zona periférica (alvéolos corticales). La relación N:C varía entre 0,39 y 0,64 (Figura 5A)

III- Ovocitos con alvéolos corticales II (a2). En este estadio las vesículas de vitelo ocupan gran parte del citoplasma e incrementan su tamaño, lo cual incide en la disminución de la relación N:C 0,45 (Figura 5A, 5B)

IV- Ovocitos en comienzo de vitelogénesis (cv). Estas células presentan un citoplasma basófilo en la zona perinuclear con abundantes gránulos de vitelo (eosinófilos) en la región central. En esta fase se distingue perfectamente la membrana pelúcida o zona radiata, como una capa acelular eosinófila rodeando la membrana plasmática del ovocito. La relación N:C disminuye, con valores entre 0,22 y 0,42 (Figura 5C)

V- Ovocitos vitelados (v). Esta fase se caracteriza por la gran acumulación de gránulos de vitelo, incrementándose el tamaño de estas células (diámetro 675 μm). El núcleo presenta un contorno muy irregular debido al crecimiento citoplasmático, siendo la relación N:C 0,25. La membrana pelúcida alcanza su máximo espesor, observándose diferentes estratos en esta estructura (Figura 5C). Se hacen evidentes los elementos foliculares (células de la granulosa y teca) rodeando la zona radiata, (Figura 5D)

VI- Ovocitos hidratados (h). El primer paso del proceso de hidratación consiste en la migración del núcleo hacia el polo animal del ovocito (Figura 5E) y posterior desintegración de la membrana nuclear. Luego ocurre un rápido incremento de tamaño debido a la hidratación citoplasmática, adquiriendo el ovocito una coloración débilmente eosinófila. En general, la forma de estos componentes es irregular debido a la pérdida de agua por deshidratación durante el procesamiento histológico. (Figura 5F)

En el caso de *R. arcuata* no se observó la formación de gota oleosa durante esta fase de desarrollo.

Folículos postovulatorios

Una vez que se produce la ovulación, las membranas que rodeaban al ovocito, conformadas por las células de la granulosa y por la teca folicular, ambas separadas por una membrana basal, constituyen el folículo postovulatorio (Figuras 5 G, H, I). A partir de la expulsión ovocitaria, estas estructuras entran en un proceso involutivo cuya duración depende de la temperatura en el momento del desove. En el caso de la saraquita fue factible identificar tres estadios de degradación, asociados con el tiempo transcurrido desde la puesta.

FPO 1: en estas estructuras se alcanzan a diferenciar en forma nítida tanto los componentes de la granulosa como la teca, constituyendo una formación cordonada sumamente plegada que rodea una luz o lumen. La granulosa está compuesta por células cilíndricas o cuboidales con sus núcleos basales. La teca presenta células planas, además de

tejido conectivo y vasos sanguíneos. Durante esta fase inicial el tamaño de los FPO oscila entre 246 y 615 μm y no se observan procesos de degradación en forma evidente. (Figura 5G)

FPO 2: en este estadio el tamaño de los folículos disminuye (226,2 μm), se vuelven más compactos y se reduce el lumen central (Figura 5H). No se distinguen los límites entre las células de la granulosa, al igual que la separación entre este último estrato y la teca. Durante esta fase son evidentes los procesos de degradación y reabsorción de los componentes del folículo.

FPO 3: son formaciones residuales en las que no se observa el lumen folicular y la degradación es muy avanzada (Figura 5I). En algunos casos inclusive estas estructuras suelen confundirse con ciertos procesos de atresia.

Atresias

La atresia es un proceso degenerativo por el cual los ovocitos son degradados y reabsorbidos antes de que finalice la maduración. Este fenómeno suele suceder en las distintas etapas del desarrollo ovárico, aunque es más frecuente al final del período de desove. Al igual que en el caso de los FPOs, también fue posible clasificar estas estructuras en diferentes estadios de acuerdo al grado de reabsorción.

Atresia Alfa. Este proceso comienza con la desintegración del núcleo, el cual adquiere contornos irregulares. Posteriormente los gránulos de vitelo entran en licuefacción. Se produce la ruptura de la membrana pelúcida y el ovocito es invadido por las células foliculares que fagocitan los restos citoplasmáticos. Durante este estadio se pueden observar restos de vitelo entre las células de la granulosa (Figura J).

Atresia Beta. En esta etapa se ha producido la reabsorción total del ovocito, quedando únicamente las células de la granulosa. Estas constituyen una estructura compacta, de menor tamaño que en la fase anterior. Una característica de este estadio es la presencia de cavidades entre las células foliculares, lo que da un aspecto vacuolado a estas formaciones, por lo que suelen confundirse con los FPOs 3 (Figura 5K). También es común observar abundantes vasos sanguíneos entre los elementos de la granulosa.

Teniendo en cuenta las fases de crecimiento ovocitario descritas y la presencia de FPOs o atresias, además del estado general del parénquima ovárico, fue factible establecer una escala de madurez ovárica para la saraquita (Tabla 2).

Tabla 2. Escala de madurez ovárica diseñada para *R. arcuata*, a partir del análisis histológico de sus gónadas.

Escala de madurez ovárica	Escala de madurez ovocitaria
Juvenil	Ovocitos previtelogénicos Túnica ovárica delgada
Maduración Temprana	Ovocitos con alvéolos corticales I y II
Maduración Intermedia	Ovocitos en comienzo de vitelogénesis
Maduración Avanzada	Ovocitos vitelados o con migración de núcleo
Desove	Ovocitos en hidratación o hidratados
Puesta Parcial	Ovocitos vitelados con o sin FPO y movilización de crestas ováricas
Postdesove	Con ovocitos residuales en atresia, el resto en previtelogénesis
Reposo	Ovocitos previtelogénicos Túnica ovárica engrosada

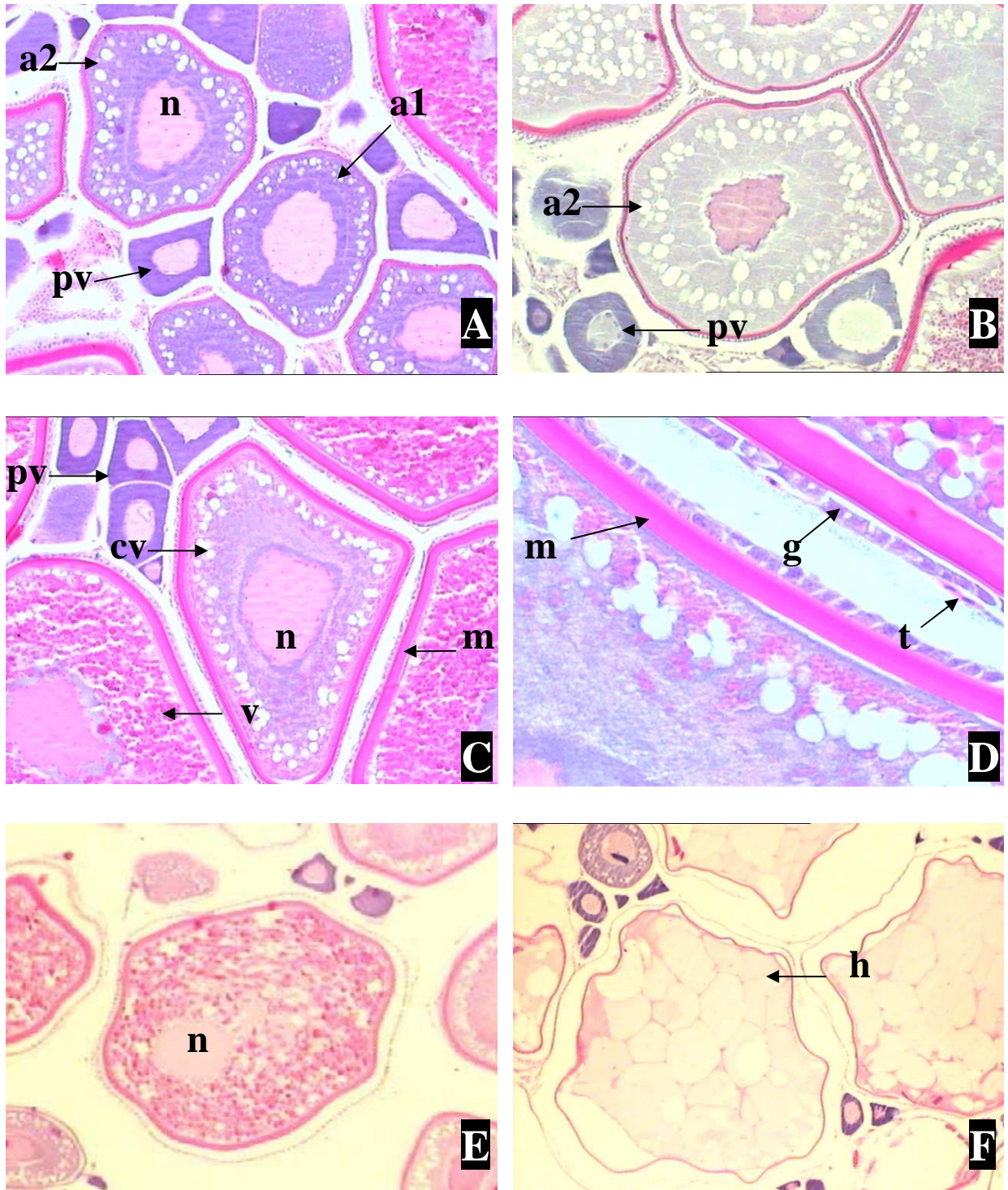


Figura 5. Fases de crecimiento ovocitario. A) Ovario en maduración temprana; se observan ovocitos previtelogénicos (pv), ovocitos con alvéolos corticales I (a1) y con alvéolos corticales II (a2), n: núcleo. B) Ovario en maduración temprana, con ovocitos previtelogénicos y con alvéolos corticales II. C) Ovario en maduración intermedia, presenta ovocitos en comienzo de vitelogénesis (cv) y vitelados (v). D) Porción de cubierta ovocitaria: membrana pelúcida (m), células tecales (t) y de la granulosa (g). E) Ovario en maduración avanzada, con ovocitos con migración de núcleo. F) Ovario en desove con ovocitos hidratados (h). Aumento utilizado: A, B y C: 10X. D: 40X. E y F: 4X.

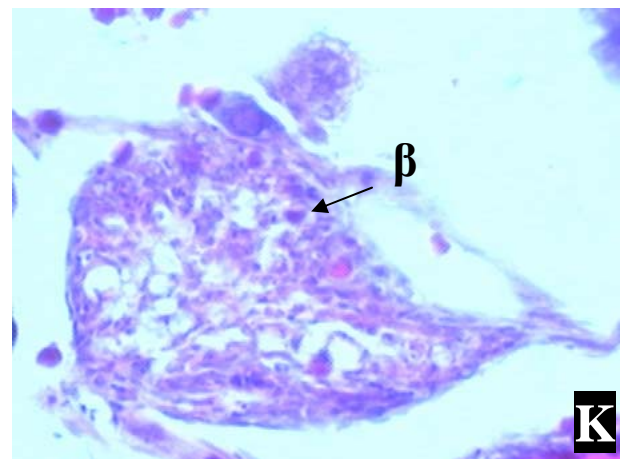
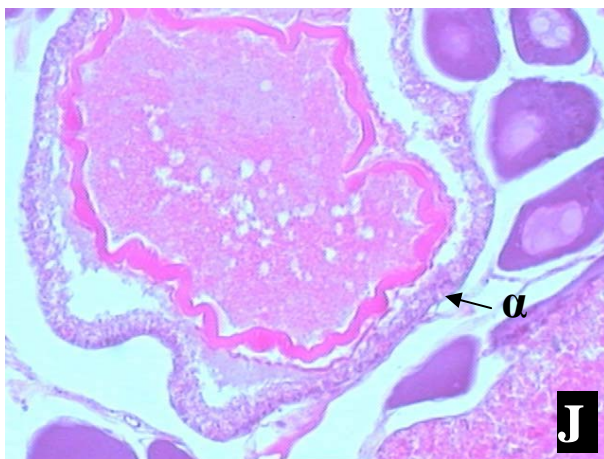
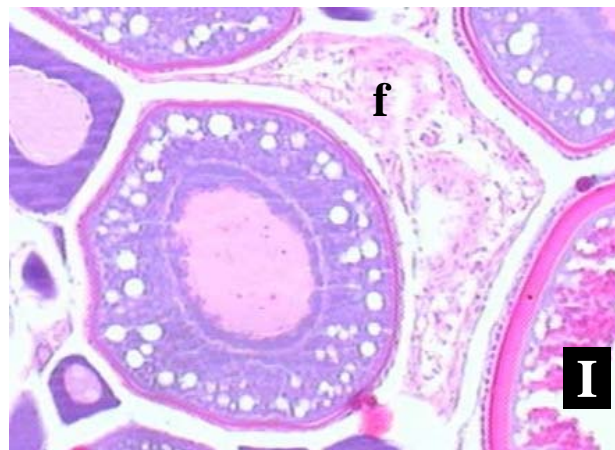
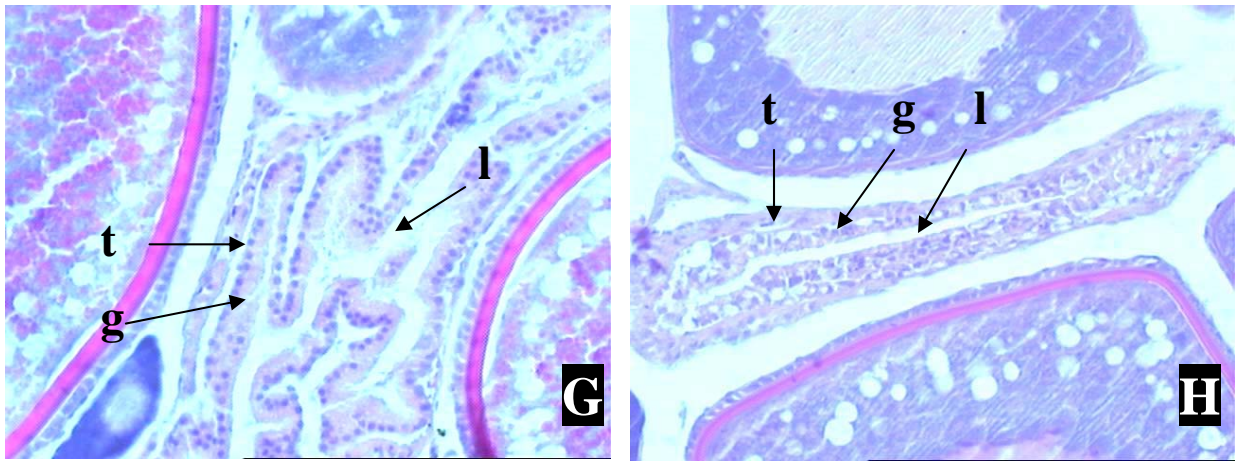


Figura 5 (continuación). Ovarios en puesta parcial. G) Folículo post-ovulatorio 1: Células tecales (t) y de la granulosa (g), y lumen folicular (l). H) Folículo post-ovulatorio 2. I) Folículo post-ovulatorio 3 en avanzado estado de degradación (f). J) Atresia alfa (α). K) Atresia beta (β). Aumento utilizado: G y H: 20X. I, J y K: 10X.

■ Patrón de desarrollo ovocitario

El análisis de la distribución de diámetros ovocitarios durante la fase de madurez previa al desove evidenció la existencia de 5 grupos dentro del conjunto de células germinales (Figura 6). Los 4 primeros, entre 25 y 725 μm , forman una distribución continua y corresponden a componentes en distintos estadios de crecimiento desde la previtelogénesis hasta la fase previa a la hidratación. El último grupo (entre 1125 y 1525 μm) está constituido por los ovocitos hidratados, que es la camada a ser expulsada a corto plazo.

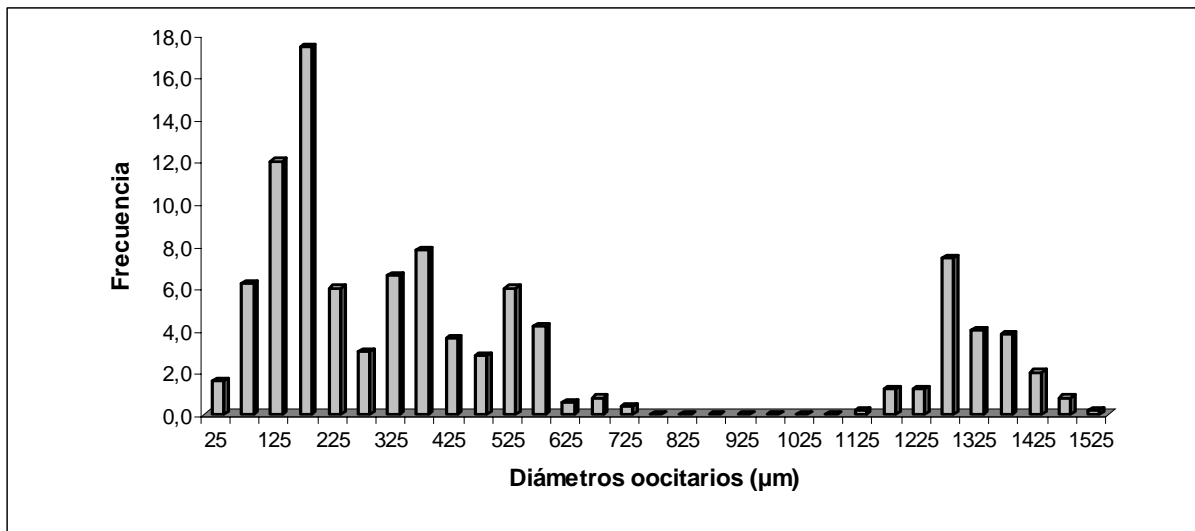


Figura 6. Distribución de frecuencias relativas de diámetros ovocitarios (n=500) en el estadio de madurez final, previo al desove.

■ Estimación preliminar de la frecuencia reproductiva

Para estimar la frecuencia de puesta de una especie es necesario que las muestras utilizadas sean representativas del conjunto de la población desovante. En este caso se empleó únicamente la información correspondiente al año 1999, dado que se contaba con mayor número de lances de pesca, pero el periodo considerado fue muy acotado, utilizándose la información de sólo dos días de muestreo. Durante este lapso se observó la presencia de ejemplares con ovocitos hidratados y FPOs en todos los lances (Tabla 3), aunque para estimar el porcentaje diario de hembras desovantes se utilizaron únicamente los FPO 1 y 2. Las hembras hidratadas no se tuvieron en cuenta debido a que su frecuencia de aparición suele

estar asociada con el horario de muestreo, y los FPO 3 tampoco se consideraron, ya que por su estado de degradación suelen confundirse con las atresias de tipo *beta*.

Teniendo en cuenta el total de los ejemplares maduros (con ovocitos vitelados) se calculó un porcentaje promedio de FPOs 1 y 2 de 17.5 %, lo cual permite estimar una frecuencia de puesta de aproximadamente 6 días para esta especie, durante el periodo considerado.

Tabla 3. Datos básicos utilizados para la estimación de la frecuencia reproductiva de *R. arcuata*: cantidad de ejemplares muestreados durante 1999 con ovocitos hidratados (Hid) y con folículos post-ovulatorios en distintos estadios de reabsorción.

Año	Lance	Fecha	Hid	FPO 1	FPO 2	FPO 3	Vitelados sin FPO	Maduros	Total
1999	5	17/06/99	9	2	17	19	12	59	59
	14	19/06/99	14	7	17	3	6	47	47
	15	19/06/99	10	3	8	8	11	40	40
	16	19/06/99	13	2	11	7	10	43	43
	18	19/06/99	6	2	8	5	11	31	31
Total			52	16	61	42	50	220	220
Porcentajes			23,6	7,27	27,7	19,09	22,7		

■ Fecundidad (parcial y relativa)

La fecundidad parcial (Fp) correspondiente al año 1998 dio un valor medio de 1321 (\pm 290) ovocitos hidratados para una longitud promedio de 89 (\pm 5) mm Lt. En 1999 la fecundidad parcial media fue más baja (971 \pm 389 ovocitos hidratados), aún siendo la talla promedio de las hembras ligeramente mayor a la estimada el año anterior (91 \pm 8 mm Lt).

Los valores de fecundidad parcial estimados para 1998 no mostraron una relación significativa con la talla de las hembras o el peso total libre de ovarios ($p > 0,05$) (Figura 7A y 7B). Las muestras obtenidas durante 1999 incluyeron individuos de mayor tamaño, siendo el mejor ajuste de tipo lineal, tanto en función de la talla como del peso total sin ovarios ($p < 0,01$) (Figura 7A y 7B) (Tabla 4).

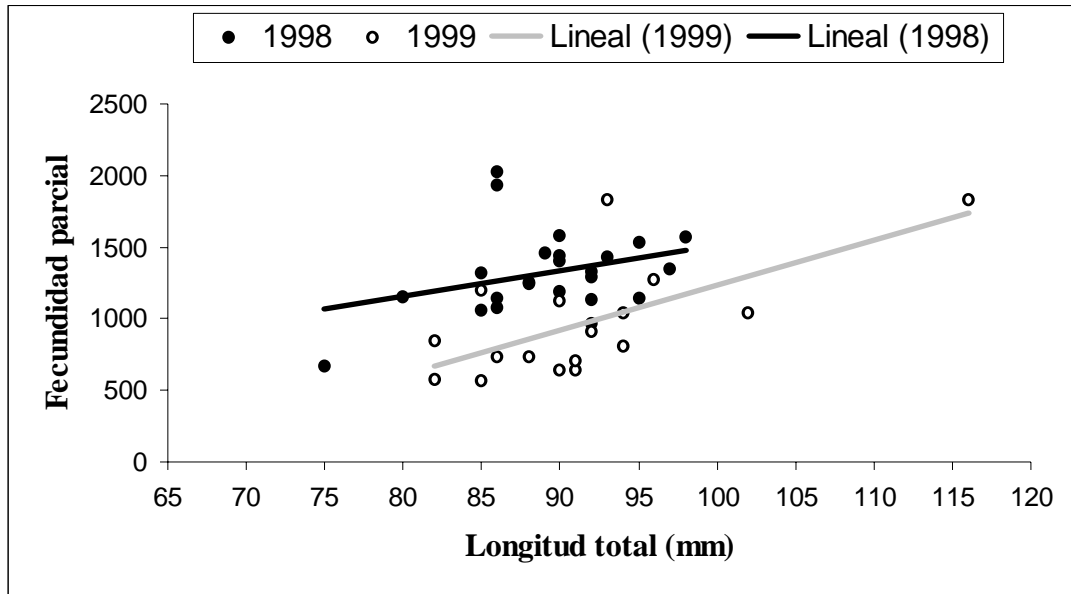


Figura 7A. Relación entre fecundidad parcial (Fp) de *R. arcuata* y la variable longitud total para 1998 (n=24) y 1999 (n=17).

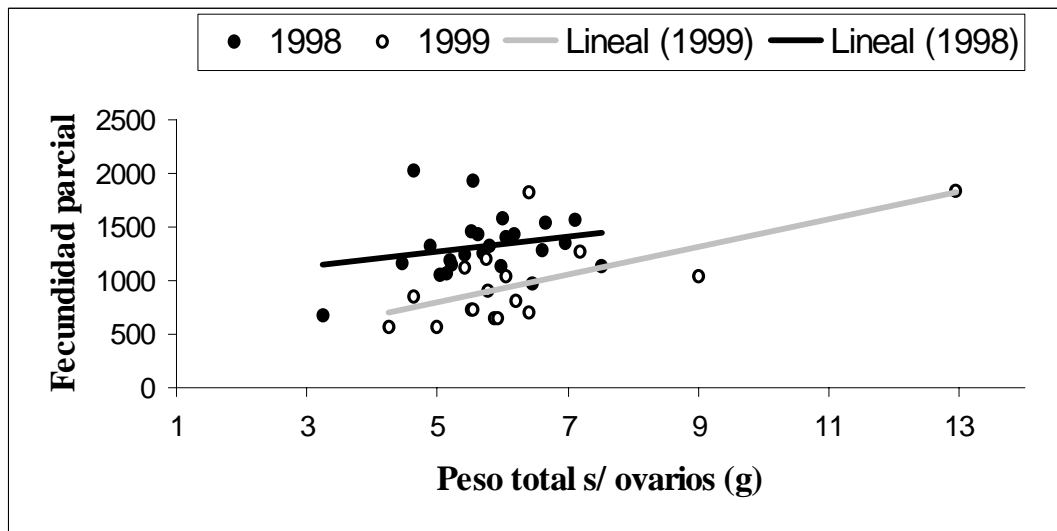


Figura 7B. Relación entre fecundidad parcial (Fp) de *R. arcuata* y la variable peso total sin ovarios para 1998 (n=24) y 1999 (n=17).

Tabla 4. Coeficientes del modelo ajustado para la regresión lineal obtenida con los datos de fecundidad parcial y el peso total libre de ovarios (Pt) y longitud total (Lt) de *R. arcuata*, colectados durante junio de 1999.

Modelo Lineal $F_p = a + b * P_t$		Modelo Lineal $F_p = a + b * L_t$	
a	156,52	a	1890,5
b	128,48	b	31,248
r	0,66017941	r	0,65363036

La fecundidad relativa (Fr) estimada para 1998 varió entre 150 y 437 ovocitos por gramo de hembra libre de ovario, con un valor medio de 235 ± 59 ovocitos. Al igual que lo observado con la fecundidad parcial, los valores obtenidos en 1999 fueron significativamente más bajos ($p < 0,0001$) que los del año anterior, oscilando entre 110 y 286 ovocitos por gramo de hembra libre de ovario, con una media de 154 ± 47 ovocitos. Tanto en 1998 como 1999, la fecundidad relativa no evidenció una relación significativa con la talla y el peso de los desovantes ($p > 0,05$) (Figuras 8A y 8B).

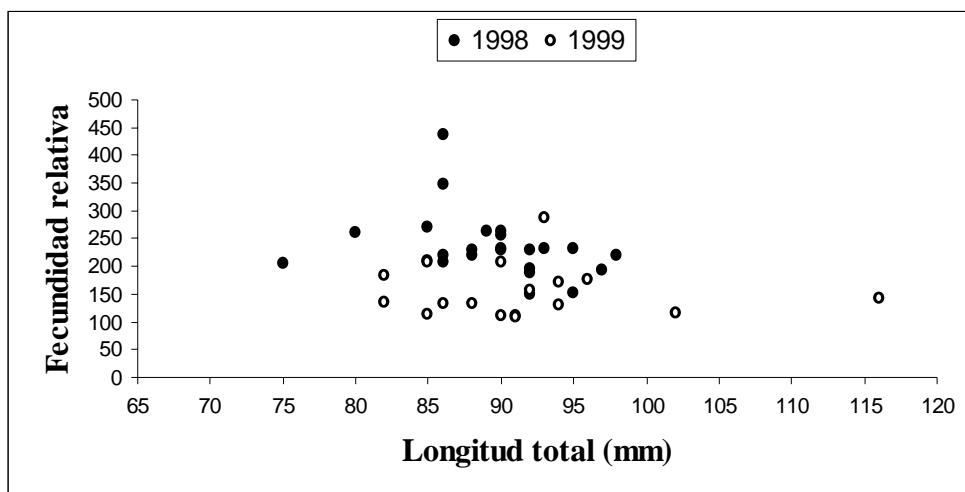


Figura 8A. Fecundidad relativa (Fr) de *R. arcuata* en función de la longitud total de las hembras para 1998 (n=24) y 1999 (n=17).

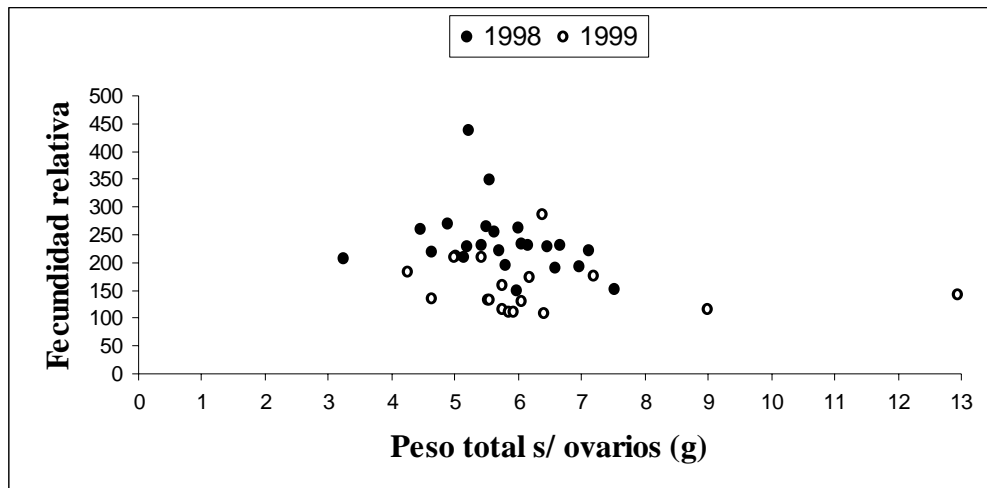


Figura 8B. Fecundidad relativa (Fr) de *R. arcuata* en función del peso total sin ovarios para 1998 (n=24) y 1999 (n=17).

■ Diámetro y peso seco de los ovocitos hidratados

El diámetro máximo de los componentes hidratados varió entre 1153 y 1387 μm para el conjunto de las hembras analizadas, con una media estimada para los datos obtenidos durante 1998 de 1307 μm y 1279 μm para 1999 (Figura 9). Para ambas campañas la relación entre esta variable y la talla de los ejemplares no evidenció una correlación significativa ($p > 0,05$).

Con respecto al peso seco, tampoco se evidenció en ambos años una relación significativa entre esta variable y la talla de las hembras ($p > 0,05$). Sin embargo se presentaron diferencias en los valores medios estimados para ambos años ($p < 0,001$). Durante la campaña 1998 el peso seco promedio de 100 ovocitos de 24 hembras fue 4,55 mg, mientras que en 1999 este valor fue 5,41 mg para un total de 17 organismos (Figura 10).

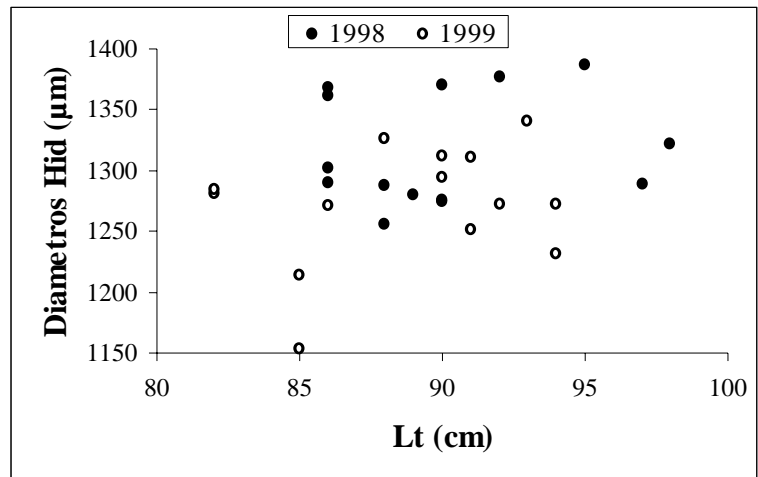


Figura 9. Relación entre el diámetro de los ovocitos hidratados y la longitud total de las hembras de saraquita para 1998 (n=24) y 1999 (n=17).

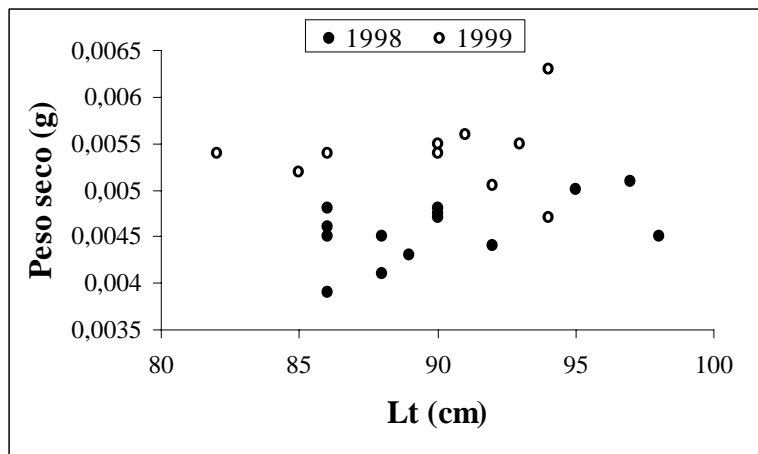


Figura 10. Relación entre el peso seco de los ovocitos hidratados y la longitud total de las hembras de saraquita para 1998 (n=24) y 1999 (n=17).

DISCUSIÓN

El análisis de los datos de captura de *R. arcuata* obtenidos en diferentes campañas de investigación realizadas por el INIDEP en la costa bonaerense durante los últimos 11 años evidenció un predominio de esta especie en los meses de invierno. La saraquita fue más abundante durante agosto y se observó principalmente en el estuario del Río de la Plata. Durante el verano *R. arcuata* se alejaría de esta zona, desplazándose aparentemente hacia el sur de la provincia, en la laguna de Mar Chiquita sólo se encontró durante los meses cálidos (Cousseau *et al.*, 2001), o podría migrar hacia el interior del río donde no es posible su captura debido al calado de los buques de investigación.

El hecho de que esta especie se concentre en aguas del estuario durante el invierno tendría como finalidad principal la concreción del proceso reproductivo. Así lo demuestran los resultados del presente trabajo, que evidenciaron una importante fracción de la población de saraquita en actividad reproductiva durante el mes de junio de los años 1998 y 1999. Este patrón temporal de puesta difiere del resto de las especies marinas y estuariales con las que esta especie comparte su hábitat, tales como *Micropogonias furnieri* (corvina rubia), *Pogonias cromis* (corvina negra), *Macrodon ancylodon* (pescadilla real) y *Brevoortia aurea* (saraca), las cuales se reproducen durante primavera-verano con picos de mayor actividad entre noviembre y diciembre. (Macchi *et al.* 2003; Macchi *et al.* 2002; Militelli y Macchi, 2004; y Macchi y Acha, 2000). Es posible que la táctica adoptada por saraquita tenga su origen en un hábitat reproductivo diferente y que se haya conservado en el tiempo, o que se haya adaptado a un patrón distinto al de la mayoría a los fines de evitar la predación por parte de los adultos y la competencia con otras larvas por el alimento, y de este modo asegurar su descendencia. Según Margalef (1967) la temperatura limita frecuentemente la época de reproducción de las especies de una manera que se relaciona con su origen geográfico. Así las especies más extendidas en mares nórdicos y fríos, cuando avanzan hacia el sur, se reproducen en invierno, mientras que las especies a las que se atribuye un origen meridional y que se han expandido hacia el norte, suelen reproducirse allí en verano; lo que estaría apoyando la primera hipótesis.

Complementando esta información se ha observado que los huevos de saraquita constituyen parte del alimento para otros peces que habitan el mismo ambiente, tal es el caso de los juveniles de corvina rubia colectados en época invernal, en cuyo contenido estomacal se hallaron huevos de saraquita (Giberto, comunicación personal¹)

¹ Lic. Diego Giberto, Laboratorio de Bentos, INIDEP

Dentro del área estuarial las hembras de saraquita en desove o cercanas a la puesta (con ovocitos hidratados) se hallaron en la zona de máximo gradiente horizontal de salinidad, donde se localiza el frente salino de fondo. Esto podría sugerir un patrón de puesta similar al observado para otras especies del estuario, tales como la corvina rubia y la saraca, las cuales se reproducen en la zona frontal (Macchi *et al.* 1996 y Acha, 1999). Esta característica evitaría que los huevos fueran exportados del estuario, debido a que la convergencia de masas de agua en la cabecera de la cuña salina posibilitaría la retención de huevos y estadios ontogenéticos tempranos. De este modo, y como en la zona estratificada los huevos permanecen en la capa cercana al fondo (debido a su densidad), en esta región serían retenidos en la zona frontal, o al menos sería disminuida en gran medida su deriva fuera del estuario, resolviendo de esta manera uno de los principales problemas de los reproductores pelágicos en este ambiente (Acha, 1999).

Durante junio de 1998 la intrusión de agua marina dentro del estuario fue mucho menor que la observada en el mismo mes en 1999. Esta diferencia podría estar asociada al fenómeno conocido como “El Niño” que tuvo lugar entre 1997 y 1998. Como consecuencia de este evento se produjo un aumento en el caudal de los ríos, por lo tanto, un mayor aporte de agua dulce al Río de la Plata (Guerrero *et al.*, 2004; Ahren, 2000). Por tal razón, en 1998 la saraquita apareció en rangos de salinidad más bajos (2,5-15UPS) que en 1999 (15–27,5 UPS), observándose esta especie principalmente en la bahía Samborombón durante ese último año.

En las zonas donde se detectó la presencia de individuos en puesta, el rango de temperatura estuvo entre 12-14° C. Estos valores fueron muy inferiores a los registrados para los reproductores estuariales de primavera-verano, los cuales alcanzan la ovulación con una temperatura 10 ° C mayor. (Macchi y Acha, 2000; Macchi *et al.*, 2003).

El análisis de la relación de sexos mostró un predominio de machos para la campaña de 1998 y mayor proporción de hembras para 1999, no evidenciándose segregación espacial de los sexos al momento de mayor actividad reproductiva, en coincidencia con lo reportado para *Brevoortia aurea* (Acha, 1999). Este patrón difiere de lo observado para otras especies que se reproducen en el estuario, tales como la corvina rubia (Macchi *et al.*, 1996) y la corvina negra (Macchi *et al.*, 2002), que se caracterizan por presentar un predominio de machos en las áreas de concentración reproductiva.

En cuanto a la distribución de tallas, se observó que las hembras alcanzan mayores tamaños que los machos. No se observaron diferencias significativas dentro del mismo sexo para los dos años muestreados. El rango de longitudes más acotado observado en la primera

campana podría deberse a que el área de muestreo durante ese año fue más reducida en comparación a la campana de 1999.

El análisis histológico evidenció la ausencia de vesículas en el citoplasma que rodea al núcleo durante su desarrollo. Estas inclusiones suelen ser vesículas lipídicas, lo cual explica la ausencia de gota oleosa durante la fase de hidratación. Este hecho constituye un aspecto muy particular dado que en la mayoría de especies que se reproducen en el estuario se ha detectado la existencia de gota oleosa en los huevos. Por el contrario, la ausencia de gota lipídica suele ser una característica más frecuente en peces que habitan latitudes altas, en ambos hemisferios, tales como *Micromesistius australis* (Ciechomski y Booman, 1981) y *Gadus morhua* (Morrison, 1990). Esta característica también podría indicar que los huevos de saraquta tienen menor flotabilidad que los de otras especies en el estuario, distribuyéndose principalmente en la capa de agua más cercana al fondo. Según Fuiman y Werner (2002) las gotas oleosas constituyen un recurso final de energía durante el periodo larval, aunque también proveen un pequeño grado de flotabilidad para el huevo.

Tanto la distribución de diámetros ovocitarios como el análisis microscópico de los ovarios maduros de saraquta, evidencian el desarrollo de diferentes camadas de ovocitos desde la fase de crecimiento primario hasta la hidratación. Esta característica, junto con la detección de FPOs en ovarios en fase de maduración, sugiere que *R. arcuata* presenta un patrón de puestas parciales, con reclutamiento constante de ovocitos a lo largo de la estación reproductiva; es decir con fecundidad anual indeterminada (Hunter *et al.*, 1992) Este mecanismo de puesta ha sido observado en otras especies con las cuales comparte el mismo hábitat, tales como saraca (Macchi y Acha, 2000), corvina rubia (Macchi *et al.* 1996), corvina negra (Macchi *et al.*, 2002) y pescadilla real (Militelli y Macchi, 2004).

El hecho de que *R. arcuata* sea un desovante múltiple con un desarrollo constante de ovocitos durante todo el período de puesta, plantea que para determinar el potencial reproductivo es necesario conocer cual es la frecuencia de desoves de una hembra y estimar el número de huevos expulsados por puesta (Hunter y Goldberg, 1980).

La estimación de la frecuencia de puesta mediante el promedio de los FPOs 1 y 2 arrojó un valor de 17,5%, lo que sugiere que una hembra desova en promedio una vez cada 6 días. Este valor debe considerarse una estimación preliminar debido a que se contó con un escaso número de lances de pesca para la realización del cálculo. La fracción diaria de hembras desovantes fue menor a la obtenida para la saraca (Acha, 1999), estimándose para esta especie un desove cada 8 días (Macchi y Acha, 1999). La frecuencia de puesta calculada para otras

especies del estuario como la *M. furnieri* y *P. cromis* varió entre 3 y 4 días (Macchi *et al.*, 2003 y Macchi *et al.*, 2002).

La fecundidad parcial de *R. arcuata* estuvo comprendida entre 669 y 2026 ovocitos para hembras entre 75 y 98 mm LT en 1998, y entre 570 y 1834 ovocitos para individuos de 82 a 116 mm LT, en 1999. Los valores hallados para esta especie fueron sumamente bajos comparados con los estimados para la saraca (20.000 a 122.000 ovocitos para un Lt de 34 a 40 cm). Sin embargo al comparar las fecundidades relativas, los valores obtenidos para saraquita (110-437 ovocitos g⁻¹) fueron mayores que los reportados para *B. aurea* (58–196 ovocitos g⁻¹).

Las relaciones entre la fecundidad parcial y las variables longitud total y peso total, evidenciaron un incremento en el número de huevos en función del tamaño y peso de las hembras. Esta tendencia fue más evidente en el año 1999, debido a que durante esa campaña se contó con un rango de tallas más amplio en el muestreo. En el caso de la fecundidad relativa no se obtuvo una relación significativa entre esta variable y la talla o el peso de los ejemplares. Al comparar la fecundidad (parcial y relativa) estimada para los dos años de muestreo se hallaron diferencias en los valores medios, siendo menor esta variable durante 1999. Esta diferencia en el número de ovocitos hidratados se vió reflejada en el peso seco de los ovocitos. La comparación entre años evidenció mayor peso en los huevos producidos en 1999, lo cual podría compensar en parte los valores de fecundidad más bajos hallados en la campaña de ese año.

El peso seco de los ovocitos de saraquita varió entre 3,9 y 6,3 mg, siendo estos valores relativamente más altos que los estimados para otras especies con las que comparte su hábitat, tales como corvina negra (3,24–4,24 mg), pescadilla real (3,3–5,1 mg), corvina rubia (1,92–2,60 mg) y saraca (2,75–4,36 mg).

Con respecto al diámetro de los ovocitos hidratados de saraquita, estos en general fueron de mayor tamaño que los registrados para otras especies del estuario, sin embargo no es conveniente utilizar esta variable para efectuar comparaciones, dado que durante esta fase de desarrollo el diámetro suele estar fuertemente influenciado por el grado de hidratación de los ovocitos (Macchi *et al.*, 2002).

En cuanto a la relación entre las características del ovocito hidratado (diámetro y peso seco) y la talla de las hembras, no se observó una tendencia que sugiera una influencia del tamaño o edad parental sobre la calidad de los huevos. Algunos autores sugieren que el tamaño de los ovocitos maduros está relacionado con la cantidad de reservas acumuladas por lo adultos o la condición fisiológica de las hembras (Kjesbu *et al.*, 1997), aunque esto aún se encuentra en discusión (Bromage *et al.*, 1992; Brooks *et al.*, 1997).

El tamaño del huevo (principalmente el peso y secundariamente el diámetro) está positivamente relacionado con la duración del periodo de incubación y el tamaño de la larva en el momento de la eclosión. Los huevos grandes poseen grandes cantidades de vitelo que proveen más energía total para el crecimiento y la ontogenia antes de que la larva requiera nutrición exógena, dando como resultando una larva de gran tamaño (Fuiman y Werner, 2002). Diversos autores sugieren que el aumento en la inversión parental en cada individuo de la progenie aumenta significativamente sus posibilidades de supervivencia (Miller et al., 1988; Solemdal, 1997). Aún pequeños aumentos de tamaño confieren aparentemente beneficios en términos de flexibilidad en el momento de pasar a la alimentación exógena. Consecuentemente, diferencias de tamaño iniciales aún pequeñas puede traducirse en diferencias substanciales en la supervivencia.

Algunos autores han intentado relacionar el tamaño larval con los ciclos de producción y la disponibilidad y tamaños de presas (Bagenal, 1971; McEvoy y McEvoy, 1991), proponiendo que al comienzo de la primavera el zooplancton es más escaso, y las larvas deben alimentarse de los copépodos que han sobrevivido al invierno, por lo tanto larvas más grandes y con mayores reservas endógenas tendrían mejores probabilidades de supervivencia. Winemiller y Rose (1993) reportaron que en ambientes con baja densidad de presas resulta favorecida la producción de larvas de mayor talla, lo que concuerda con la baja productividad del estuario durante la época reproductiva de saraquita.

Se ha sugerido que el diámetro de los huevos suele estar influenciado por la temperatura, observándose mayores tamaños en las poblaciones que habitan aguas más frías. Por ejemplo en el arenque, el peso seco de los huevos en época estival es aproximadamente la mitad de los desovados en meses más fríos (Margalef, 1977).

El hecho de que los ovocitos de saraquita presenten un rango de peso seco en general superior al observado para otras especies de estuario del Río de la Plata podría estar asociado a que la maduración y ovulación de esta especie ocurre durante el invierno. Por otra parte, tal como se mencionó previamente, el mayor tamaño al igual que la ausencia de gota oleosa son características que han sido observadas en los ovocitos de especies que desovan en latitudes altas, por lo que es posible que algunos aspectos de la estrategia reproductiva de la saraquita estén asociados más estrechamente con las estrategias desarrolladas por peces que habitan zonas más australes.

CONCLUSIONES

- Los resultados del presente trabajo permiten afirmar que en época invernal *R. arcuata* se halla en reproducción en el estuario del Río de la Plata.
- El análisis de los datos oceanográficos y la distribución espacial de las hembras en desove, evidenció que en la zona frontal del Río de la Plata la actividad reproductiva de saraquita ocurre en un rango termohalino que abarca entre 12 – 14 °C y 5 - 27.5 UPS.
- Las hembras presentaron tamaños medios mayores que los machos y no se evidenció segregación espacial por sexos durante la actividad reproductiva.
- A partir del análisis microscópico de los ovarios y la distribución de los diámetros ovocitarios se pudo establecer que la saraquita sigue un patrón de desove que corresponde al de una especie con fecundidad anual indeterminada. Es decir que existe un reclutamiento constante de ovocitos inmaduros durante la estación reproductiva relacionado con un patrón de puestas parciales.
- La estimación preliminar de la frecuencia reproductiva, realizada a partir de FPO 1 y FPO 2, dio un valor cercano a 6 días.
- La fecundidad parcial estimada para 1998 arrojó una media de 1321 ± 290 ovocitos hidratados ($Lt = 89,17 \pm 5,19$ mm), mientras que para 1999 este valor fue 971 ± 389 ovocitos hidratados, aún siendo la talla media ligeramente mayor ($91,59 \pm 8,132$ mm Lt). Durante este último año se obtuvo una relación positiva entre esta variable y el tamaño de las hembras.
- La fecundidad relativa varió entre 150 y 437 ovocitos por g de hembra (s/ ovarios) durante 1998, con un valor medio de 235 ± 59 ovocitos. En 1999 los valores de fecundidad relativa fueron significativamente más bajos, oscilando entre 110 y 286 ovocitos por gramo de hembra libre de ovario, con una media de 154 ± 47 ovocitos. Tanto para 1998 como 1999, esta variable no evidenció una relación significativa con la talla y peso de los desovantes.
- Tanto el diámetro como el peso seco de los ovocitos hidratados no mostraron relación significativa con la talla de las hembras. Sin embargo el peso seco varió entre los años

analizados, siendo ligeramente mayor en 1999, en coincidencia con valores más bajos de fecundidad.

- Como conclusión final, cabe destacar que la táctica reproductiva de *R. arcuata* posee algunas características propias de especies que se reproducen en aguas frías y otras típicas de las que lo hacen en aguas templadas. En cuanto a las primeras, produce ovocitos relativamente grandes, sin gota oleosa y la puesta tiene lugar en época invernal y, en concordancia con las especies de aguas templadas presenta un patrón de desarrollo ovocitario continuo, el cual sugiere un reclutamiento constante de ovocitos inmaduros durante la estación reproductiva, aspecto característico de especies con una extensa temporada reproductiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Acha, M. E. & Mianzan, H.W., 2003. El estuario del Plata: donde el río se encuentra con el mar. *Ciencia Hoy*, vol. 13(73).
- Acha, M. E. & Macchi, G. J., 2000. Spawning of Brazilian menhaden, *Brevoortia aurea*, in the Río de la Plata estuary off Argentina and Uruguay. *Fish. Bull.*, 98:227-235.
- Acha, M.E., Mianzan, H.W., Lasta C.A. & Guerrero, R., 1999. Estuarine spawning of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (Pisces: Sciaenidae) in the Río de la Plata, Argentina. *Mar. Freshwater Res.*, 50: 57-65.
- Acha, E. M., 1999. Estrategia reproductiva de la saraca, *Brevortia aurea* (Spix y Agassiz, 1829) (Pisces: Cupleidae), en el estuario del Río de la Plata. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Ahren, C.D., 2000. *Meteorology today: an introduction to weather, climate and the environment*. 6° ed. New York. Books Cole, 528 p.
- Ahrenholz, D.W., 1991. Population biology an life history of the North American Menhadens, *Brevoortia* spp. *Mar. Fish. Rev.*, 53(4): 3-19
- Bagenal, T.B., 1971. The inter-relation of the size of fish eggs, the date of spawning and the production cycle. *J. Fish. Biol.*, 3:207-219.
- Balon, E.K., 1975. Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32(6):821-864
- Balon, E.K., 1984. Patterns in the evolution of reproductive styles in fishes. En: Potts, G.W. & Wootton, R.J. (eds) *Fish reproduction: strategies and tactics*. Academic Press, Londres, 35-53.
- Begon, M., Harper, J., Townsed, C., 1999. *Ecología, individuos, poblaciones y comunidades*. España. Ed. Omega, Barcelona, 1148 p.
- Bone, Q., Marshal, N.B. & Blaxter, J.H.S., 1995. *Biology of Fishes*, 2nd ed. Londres. Blackie Academic & Professional, 253 p.
- Bromage, N.R., Jones, J., Randall, C., Thrush, M., Davies, B., Springate, J, Duston, J. & Barker, G., 1992. Brood stock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 100:141-166.
- Brooks, S., Tyler, C.R. & Sumpter, J.P., 1997. Egg quality in fish: what makes a good egg? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7:387-416.

- Bruton, M.N., 1990. Trends in the life-history styles of vertebrates: an introduction to the second ALHS volume. *Env. Biol. Fish.*, 28:7-16
- Cervigón, F., 1980. Ictiología marina, con atención especial a la fauna del continente Americano. Volumen 1. Caracas, Venezuela: Ed. Arte, 358 p.
- Ciechowski, J. & Booman, C., 1981. Descripción de embriones y de áreas de reproducción de los Granaderos *Macrourus whitsoni* y *Coelorhynchus fasciatus*, de la Polaca *Micromesistius australis* en la zona patagónica y fueguina del Atlántico Sudoccidental. *Physis* (Buenos Aires), Secc. A, 40(98)5-14.
- Cousseau, M. B., Díaz de Astarloa J. M. & Figueroa, D. E., 2001. La ictiofauna de la laguna de Mar Chiquita. En Iribarne (ed). Reserva de Biosfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y ecológicas. Mar del Plata. Editorial Martin, 187-203.
- Cousseau, M. B., 1982. Revisión taxonómica y análisis de los caracteres morfométricos y merísticos de la sardina fueguina, *Sprattus fuegensis* (Jenyns, 1842) (Pises, Clupeidae). *Rev. Invest. Des. Pesq. INIDEP, Mar del Plata*, 3: 77-94.
- Dando, P.R., 1984. Reproduction in estuarine fish. En: Potts, G.W. & Wootton, R.J. (eds). *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*. London. Academic Press, 155-170 p.
- Framiñan, M.B. and Brown, O.B., 1996. Study of the Río de la Plata turbidity front, Part. 1: spatial and temporal distribution. *Continental Shelf Res.*, 16 (10): 1259-1282.
- Fuiman, L.A. & Werner, R.G., 2002. *Fishery Science: The Unique Contribution of Early Life Stage*. UK. Backwell Sience Ltd., 326p.
- Geneser, F., 1996. *Histología Segunda edición*. México D.F. Editorial Médica Panamericana, 768 p.
- Guerrero, R.A., Molinari, G., Jáuregui, S; Piola, A. & Osiroff, A., 2004. Protección ambiental del Río de la Plata y su frente marítimo: Prevención y control de la contaminación y restauración del hábitat. Análisis de datos oceanográficos históricos. Proyecto PNUD/GEF. RLA/99/G31.
- Guerrero, R. A., Acha, E. M., Framiñan, M.B. & Lasta, C.A., 1997. Physical oceanography of the Río de la Plata estuary, Argentina. *Continental Shelf Res.*, 17(7):727-742.
- Haedrich, R.L., 1992. Estuarine fishes. En: Ketchum, B.H. (ed) *Ecosystems of the world. Estuaries and enclosed seas*, vol. 26. Elsevier, Amsterdam, p. 185-207
- Hempel G., 1979. Early life history of marine fish. The egg stage. Washington Sea Grant, Washington.

- Hunter, J.R., Macewicz, B.J., Lo, N.C.H. & Kimbrell, C.A., 1992. Fecundity, spawning and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. Fish. Bull., 90: 101-128.
- Hunter, J.R. & Goldberg, S.R. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull., 77 (3): 641-653.
- Jobling, M., 1995. Environmental Biology of Fishes. London. Chapman y Hall. Fish and Fisheries series, 16. 455 p.
- Kjesbu, O.S., Klungsøyr, J., Kryvi, H, Witthames, P.R. & Walker, M.G., 1997. Fecundity atresia and egg size of captive atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48:2333-2343.
- López Cazorla, A., 1992. Edad y crecimiento de la saraquita (*Ramnogaster arcuata*). Jornadas de Tecnología y Economía Pesquera, 8° Simposio Científico, 9°, Mar del Plata, Argentina, 30 de noviembre-4 de diciembre de 1992. Ed. Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo CTMFM, Montevideo, 1992.
- Macchi, G. J., Acha, E. M. & Militelli, M. I., 2003. Seasonal egg production of whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) in the Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay. Fish. Bull., 101:332-342.
- Macchi, G. J. & Pájaro M., 2003. Comparative reproductive biology of some commercial marine fishes from Argentina. En: Kjesbu, A.S., Hunter, J.R. & Witthames, P.R. (eds). Report of the working group on modern approaches to assess maturity and fecundity of warm and cold water fish and squids. Bergen, Norway, 12:69-77.
- Macchi, G. J., Acha, E. M. & Lasta, C. A., 2002. Reproduction of black drum (*Pogonias cromis*) in the Río de la Plata estuary, Argentina. Fish. Res., 59: 83-92.
- Macchi, G. J. & Acha, M. E., 2000. Spawning frequency and batch fecundity of Brazilian menhaden, *Brevoortia aurea*, in the Río de la Plata estuary off Argentina and Uruguay. Fish. Bull., 98:283-289.
- Macchi, G.J., Acha, E.M & Lasta, C.A. 1996. Desove y fecundidad de la corvina rubia *Micropogonias furnieri* Desmarest, 1823 del estuario del Río de la Plata, Argentina. Boletín del Instituto Español de Oceanografía (Madrid, España), 12 (2): 99 - 113.
- Margalef, Ramón. 1977. Ecología. Segunda Edición. Barcelona. Editorial Omega, 951p.
- Margalef, Ramón. 1967. Luz y Temperatura. En Ecología Marina. Caracas. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, 711p.
- McEvoy, L.A. & McEvoy, J., 1991. Size fluctuations in the eggs and newly hatched larvae of captive turbot (*Scophthalmus maximus*). Londres. Academic Press.

- Mianzan, H., Lasta, C., Acha, E.M., Guerrero, R., Macchi, G. & Bremec, C., 2001. The Río de la Plata Estuary, Argentina-Uruguay. En Seeliger, U. & Kjerfve, B. (eds). Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Ecological Studies, 144: 185-204.
- Militelli, M. I. & Macchi, G. J., 2004. Spawning and fecundity of king weakfish, *Macrodon ancylodon*, in the Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay. Marine Biological Association of the United Kingdom, 84: 443-447.
- Miller, T.J., Crowder, L.B., Rice, J.A. & Marschall, E.A., 1988. Larva size and recruitment mechanisms in fishes: toward a conceptual framework. Can. Journal Fish. Aquat. Sci., 45:1657-1670.
- Morrison, Carol M., 1990. Histology of the Atlantic Cod, *Gadus morhua*: An Atlas. Part three. Reproductive tract. Canada. Special Publication of Fish. and Aquat. Sci., 110-177.
- Munro, A. D., Scott, A. P. & Lam, T.J., 1990. Reproductive Seasonality in Teleosts: Environmental Influences. Florida. CEC Press, Inc. Boca Raton, 254 p.
- Pájaro, M., Macchi, G. J. & Sánchez, R. P., 1997. Fecundidad y frecuencia reproductiva de las poblaciones bonaerense y patagónica de la anchoita argentina (*Engraulis anchoita*). Rev. de Inv. y Des. Pesquero (Argentina) 11: 19-38.
- Potter, I.C., Hyndes, G.A. & Baronie, F.M., 1993. The fish fauna of a seasonally closed Australian estuary. Is the prevalence of estuarine-spawning species high?. Mar. Biol., 116:19-30.
- Potts, G.W. & Wootton, R.J., 1984. Fish reproduction: strategies and tactics. London. Academic Press, 410 p.
- Solemdal, P., 1997. Maternal effects-a link between the past and the future. J. Sea Res., 37:213-124.
- Whitehead, Peter J.P., 1985. FAO Species Catalogue. Clupeoid Fishes of the world (Suborder Clupeoidei). FAO Fisheries Synopsis 125, vol. 7, Part. 1: 123- 124.
- Winemiller, K.O. & Rose, K.A., 1993. Why do most fish produce so many tiny offspring? Am. Nat., 142:585-603.
- Wootton, R.J. 1984. Tactics and Strategies in fish reproduction. En Potts, G. W. And Wotton, R. J. (Eds), Fish Reproduction: Strategies and Tactics. London. Academic Press, 1-12.

Dr. Gustavo J. Macchi
Director

Dr. Eduardo M. Acha
Co-director

Lic. María Inés Militelli
Subdirectora

Karina Andrea Rodrigues
Tesisista