

# Comparación del ciclo reproductor de *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) (Mollusca: Bivalvia) en las rías del Eo y Villaviciosa (Asturias, noroeste de España): relación con las variables ambientales

J. López<sup>1</sup>, C. Rodríguez<sup>1</sup> y J. F. Carrasco<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Experimentación Pesquera. El Muelle, s/n. E-33760 Castropol (Asturias), España. Correo electrónico: jacobolr@yahoo.es

<sup>2</sup> Centro de Experimentación Pesquera. Avda. Príncipe de Asturias, s/n. E-33212 Gijón (Asturias), España.

Recibido en octubre de 2005. Aceptado en noviembre de 2005.

## RESUMEN

Se estudió el ciclo gametogénico de *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) en las rías del Eo y Villaviciosa (Asturias, noroeste de España) usando análisis histológicos y el cálculo de índices de condición. El ciclo reproductivo en la ría del Eo presenta un retraso en comparación con el de la ría de Villaviciosa: el desove tubo lugar en julio-agosto, mientras que en Villaviciosa tubo lugar en mayo-junio. Se analizaron las variables ambientales, recogiendo datos sobre temperatura, salinidad, pH, O<sub>2</sub> y clorofila *a* en ambas zonas del estudio, con el fin de explicar este desfase. Existen diferencias en la concentración de clorofila *a*. La ría de Villaviciosa es más productiva, confirmando que la disponibilidad de alimento guarda relación directa con la velocidad de desarrollo gonadal en *S. marginatus*.

**Palabras clave:** Solénidos, ciclo gametogénico, clorofila *a*, producción primaria, índice de condición, temperatura.

## ABSTRACT

**Reproductive cycle of *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) (Mollusca: Bivalvia) in the Eo and Villaviciosa rias (Asturias, northwestern Spain): Relationship with environmental parameters**

Using histological analysis and condition indexes, the gametogenic cycle of *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) in the Villaviciosa and Eo rias (Asturias, northwestern Spain) was determined. Environmental parameters (temperature, salinity, pH, O<sub>2</sub> and chlorophyll *a*) were taken in both sampled areas. The reproductive cycle occurred later in the Eo than in the Villaviciosa. In the Eo ria, spawning took place in July-August, whereas in the Villaviciosa ria it was observed in May-June. Analyses of the environmental parameters were carried out to examine the reasons for this behaviour, and significant differences in the concentration of chlorophyll *a* were found. The Villaviciosa ria is more productive, confirming that the availability of food has a direct relationship to the speed of gonadal development in *S. marginatus*.

**Keywords:** Solenids, gametogenic cycle, chlorophyll *a*, primary production, condition index, temperature.

## INTRODUCCIÓN

La posibilidad y el éxito de cultivo de un bivalvo dependen del conocimiento del ciclo

reproductor de sus poblaciones. Este conocimiento es esencial para la comprensión de la historia vital de las especies, así como para proveer de información para la gestión de las pes-

querías y el desarrollo de la acuicultura (Darriba, 2001).

En los bivalvos marinos, la reproducción es cíclica y estos ciclos reproductivos pueden ser anuales, semianuales o continuos, dependiendo de las especies y su localización (Sastry, 1979; Martínez 2002).

El ciclo reproductivo de una especie incluye, generalmente, una serie de estados, como son: activación, desarrollo, madurez, desove y reposo. Estas fases, relacionadas con los cambios estacionales del medio, producen el modelo característico de cada especie. El calendario y duración de la actividad reproductora pueden estar determinados por una interacción entre factores exógenos, como temperatura, alimento, fotoperiodo y salinidad, y factores endógenos de tipo endocrino y neuronal (Giese y Pearse, 1974; Martínez 2002).

La Familia *Solenidae*, a la que pertenece la especie *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) objeto de este estudio, constituye un grupo de moluscos bivalvos altamente especializados que forman parte de la infauna marina de fondos blandos (González-Tizón *et al.*, 2003). Se encuentran enterrados en la arena y en el fango de los niveles intermareal bajo e infralitoral (Hayward, Wigham y Yonow, 1996), con una amplia distribución en Europa, desde Noruega al Mediterráneo, y el norte de África (Cosel, 1993; Martínez, 2002; Remacha-Triviño, 2002).

Esta especie es un recurso que se explota de forma tradicional en Asturias, en las rías del Eo y Villaviciosa. La producción de *S. marginatus* fue de 650 kg en 2001 y se incrementó hasta los 2 201 kg de 2004 (datos de la Dirección General de Pesca del Principado de Asturias).

Debido a que es un recurso poco estudiado y sujeto a regulación, se plantea este estudio, cuyo objetivo es conocer y definir, de forma simultánea, los ciclos reproductores de *S. marginatus* en los bancos naturales de las rías del Eo y de Villaviciosa, estableciendo los periodos del ciclo gametogénico y obteniendo información para la gestión de la pesquería y el desarrollo de la acuicultura de esta especie. Asimismo, se pretende determinar si existen diferencias entre las poblaciones de las dos rías analizadas y, en ese caso, llegar a determinar las causas que producen estas variaciones.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio y muestreos

Los muestreos se realizaron en los bancos naturales de las rías del Eo (43° 31,6' N; 7° 01,9' O) y de Villaviciosa (43° 32,7' N; 5° 23,8' O). Las poblaciones están asentadas en la zona intermareal, quedando al descubierto en mareas vivas con coeficiente superior a 0,8.

Durante 2004 se recogieron mensualmente y en ambas rías veinte individuos adultos de talla superior a la comercial (80 mm, talla mínima impuesta por la Unión Europea en el Reglamento CE n.º 850/98). De estos 20 individuos, 10 fueron procesados para el análisis histológico, y los otros 10 para el índice de condición gonadal. De los 10 individuos procesados para cada análisis, 5 eran machos y 5 hembras (anteriormente se observó que presentaban la *sex ratio* 1:1).

Los ejemplares fueron capturados por el método de pesca con sal y se trasladaron al laboratorio en neveras isotermas para su procesado, donde se mantuvieron durante 2-3 horas en agua salada para eliminar las arenas.

### Variables ambientales

Simultáneamente a la recogida de muestras se tomaron datos de las variables ambientales, como temperatura del agua, salinidad, pH, oxígeno disuelto y clorofilas. La toma de muestras de agua para la determinación de pigmentos se realizó de la columna de agua integrada (0-5 m) siguiendo la técnica de Lindahl (1986). Para estimar la producción primaria se determinó la concentración de clorofila *a* por métodos espectrofluorimétricos, que fueron realizados en el Centro de Control do Medio Mariño de la Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos de la Xunta de Galicia. Los datos de temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto pertenecen a 2004; sin embargo, para la clorofila *a*, se procesaron los datos de 2003 y 2004 porque el proceso gametogénico puede tener lugar a expensas de reservas acumuladas (Darriba, San Juan y Guerra, 2005a).

### VARIABLES BIOMÉTRICAS

En los individuos recogidos en ambas rías durante los muestreos se tomaron las siguientes medidas.

- Dimensiones: se anotaron la longitud (distancia entre el extremo anterior y posterior de la concha) y anchura (distancia, a la altura del umbo, entre las partes dorsal y ventral de la concha).
- Pesos: peso fresco total individual, peso de las valvas frescas, peso de las valvas secas (en estufa a 105 °C durante 24 horas), peso de la vianda (parte blanda del individuo) y líquido intervalvar (agua retenida en la cavidad paleal).

### Índice de condición gonadal (ICG)

Se utilizó el índice de condición gonadal para calcular las variaciones estacionales del peso de la gónada. En este estudio, el aumento en el índice se consideró como indicador de la gametogénesis, mientras que una disminución se interpretó como ocurrencia de desove, de acuerdo con los criterios de Barber y Blake (1991). Se diseccionó cada individuo para obtener el peso fresco de la gónada. El ICG se calculó mediante la fórmula (Darriba, San Juan y Guerra, 2004)

$$\text{ICG} = \frac{\text{Peso fresco de la gónada}}{\text{Peso seco de las valvas}}$$

### ANÁLISIS HISTOLÓGICOS

Se procesó el tejido gonadal para la elaboración de cortes histológicos teñidos con hematoxilina de Harris-eosina siguiendo el protocolo modificado por Howard y Smith (1983), tras fijación en líquido de Davidson durante 24 horas (Shaw y Battle, 1957).

### Estado del desarrollo gonadal

Para determinar el estado de maduración sexual de la gónada se utilizó la escala empleada

por Gaspar y Monteiro (1998), que distingue seis estados de maduración (estado 0: reposo sexual; estado I: gametogénesis inicial; estado II: gametogénesis avanzada; estado III: madurez; estado IV: desove; estado V: posdesove).

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La comparación de las variables biométricas entre rías se realizó mediante la aplicación del test de análisis de la varianza (anova) de dos factores. Para el contraste de dos muestras se aplicó el test U de Mann-Whitney de contraste de dos muestras independientes. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS para Windows 13.0.

## RESULTADOS

### ANÁLISIS BIOMÉTRICO

No se encontraron diferencias significativas en la longitud ni en el peso total entre las dos poblaciones analizadas (anova,  $p > 0,05$ ), entre las diferentes épocas de muestreo (anova,  $p > 0,05$ ) ni entre la interacción de ambos factores (anova,  $p > 0,05$ ) (tabla I), por lo que se puede concluir que se trata de muestras homogéneas.

Tabla I. Resultados del anova de dos factores (mes y ría) para la longitud y el peso ( $p < 0,05$ ). (p): probabilidad del estadístico F del anova.

	Longitud		Anchura	
	F	P	F	P
Mes	1,23	0,25	0,63	0,79
Ría	1,58	0,20	1,12	0,29
Mes × Ría	0,58	0,84	1,06	0,38

Del peso total del animal, la vianda representa el 63,56 % del peso fresco en la ría del Eo, oscilando entre el 69,33 % en junio hasta el 52,11 % en agosto. En Villaviciosa presenta una media del 59,62 %, variando desde el 65,41 % en agosto hasta el 54,75 % en marzo.

En cuanto a la valva (fresca), en la ría del Eo representa el 27,93 % del peso total, registrándose el valor más bajo en mayo (26,00 %) y el

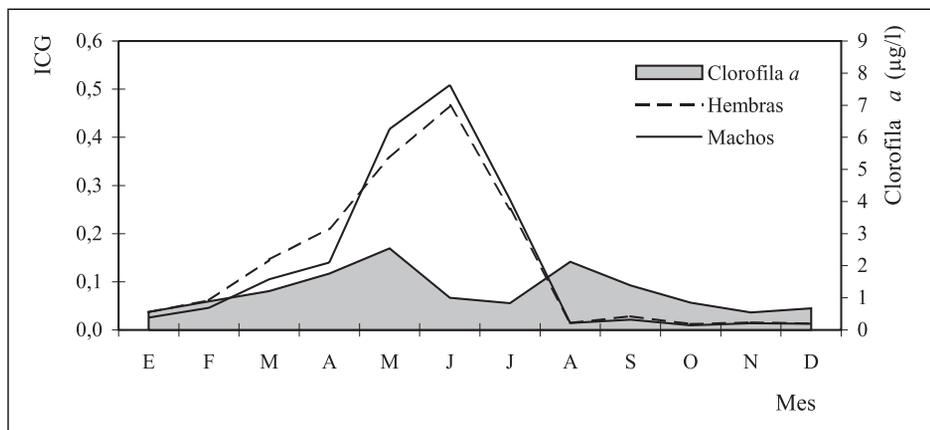


Figura 1. ICG (peso fresco de la gónada/peso seco de las valvas) en la ría del Eo y evolución de la clorofila *a*.

máximo en diciembre (32,48 %). En Villaviciosa, la valva representa el 32,71 % del peso total, con un mínimo en enero (28,33 %) y un máximo (37,16 %) en noviembre.

**Índice de condición gonadal (ICG)**

Durante la etapa muestreada (2004) en la ría del Eo, la evolución del ICG de machos y hembras (figura 1) reflejó dos periodos anuales con valores mínimos: el primero en enero, experimentando a partir de febrero un ascenso constante hasta junio, donde se obtuvo un valor máximo; el otro mínimo se observó en agosto-diciembre.

En la ría de Villaviciosa, el ICG de machos y hembras mostró un periodo con valores mínimos (julio-diciembre) y otro periodo, a partir de enero, en que el índice presentó un incremento constante hasta abril, mes en el que se obtuvo un

valor máximo, descendiendo después progresivamente aunque manteniendo valores elevados durante mayo y junio (figura 2).

Existen diferencias significativas entre los índices obtenidos en ambas rías entre los meses de marzo a julio (test U de Mann Whitney,  $p \leq 0,05$ ) (tabla II).

**Variables ambientales de las zonas de muestreo**

Los valores de salinidad, pH y oxígeno apenas presentaron fluctuaciones a lo largo del periodo estudiado. La temperatura y los registros de clorofila *a* parecen ser los más influyentes en el proceso reproductivo (Darriba, 2001), por lo que se trataron con más detalle.

*Temperatura*

Los valores obtenidos para la temperatura (figura 3) indican que ésta siguió un ciclo esta-

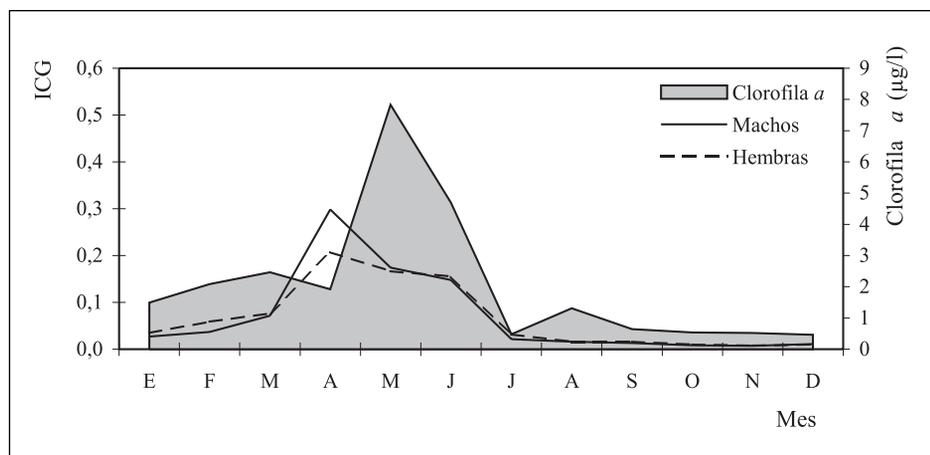


Figura 2. ICG (peso fresco de la gónada/peso seco de las valvas) en la ría de Villaviciosa y evolución de la clorofila *a*.

cional con valores más bajos en invierno (12 °C en la ría del Eo y 11,5 °C en la ría de Villaviciosa) y que ascienden en primavera, alcanzando máximos en verano (19 °C en la ría del Eo y 20 °C en la ría de Villaviciosa) para, posteriormente, descender en otoño. Esta variable siguió el mismo patrón en ambas rías.

Se puede concluir que no existen diferencias significativas entre los valores de la temperatura de las dos rías estudiadas (test U de Mann Whitney,  $p > 0,05$ ) (tabla II).

### Clorofila a

Con el fin de estimar la producción primaria en las áreas de estudio se analizó la concentración de clorofila *a* en la columna de agua de ambas rías durante 2003 y 2004. Se calculó la media y se observó que en la ría de Villaviciosa para 2003 fue de 2,67 µg/l, mientras que para la ría del Eo fue de 1,34 µg/l. En 2004 continuaron estas diferencias, siendo 2,61 µg/l la concentración en la ría de Villaviciosa (figura 2) y 1,61 µg/l la de la ría del Eo (figura 1).

Realizado el análisis estadístico de la concentración de clorofila *a* entre ambas rías, se observaron diferencias significativas en febrero, marzo, abril, julio, septiembre y octubre para 2003, y en enero, febrero, mayo y desde septiembre hasta diciembre para 2004 (tabla II).

### Relación entre ICG y clorofila a

En la ría de Villaviciosa, los valores máximos del ICG tuvieron lugar justo antes de las con-

centraciones más altas de clorofila *a*, que ocurrieron en primavera (figura 2), mientras que en la ría del Eo éstos sucedieron con una demora, produciéndose a principios de verano (figura 1).

Tabla II. Resultados del test U de Mann Whitney para el contraste entre rías aplicado a las variables índice de condición gonadal (ICG), temperatura, clorofila *a* (2003) y clorofila *a* (2004) durante el periodo de estudio ( $p < 0,05$ ). (\*): diferencias significativas.

Mes	ICG	Temperatura	Clorofila <i>a</i> 2003	Clorofila <i>a</i> 2004
Ene	0,87	1,00	1,00	0,00*
Feb	0,59	0,22	0,00*	0,00*
Mar	0,00*	0,68	0,05*	0,30
Abr	0,00*	1,00	0,00*	1,00
May	0,00*	0,46	1,00	0,00*
Jun	0,00*	0,56	1,00	1,00
Jul	0,00*	0,08	0,00*	1,00
Ago	0,34	1,00	0,26	0,21
Sep	0,11	0,12	0,05*	0,00*
Oct	0,31	0,44	0,00*	0,05*
Nov	0,10	0,56	0,21	0,04*
Dic	0,07	0,32	1,00	0,00*

### Actividad reproductora

Los resultados del análisis histológico muestran que a lo largo del ciclo reproductivo se aprecia una evolución de la gónada similar en machos y en hembras (figura 4), por lo que los datos obtenidos fueron tratados en conjunto.

En la ría de Villaviciosa, siguiendo la escala de maduración gonadal de Gaspar y Monteiro (1998), en enero, el 50 % de la población se

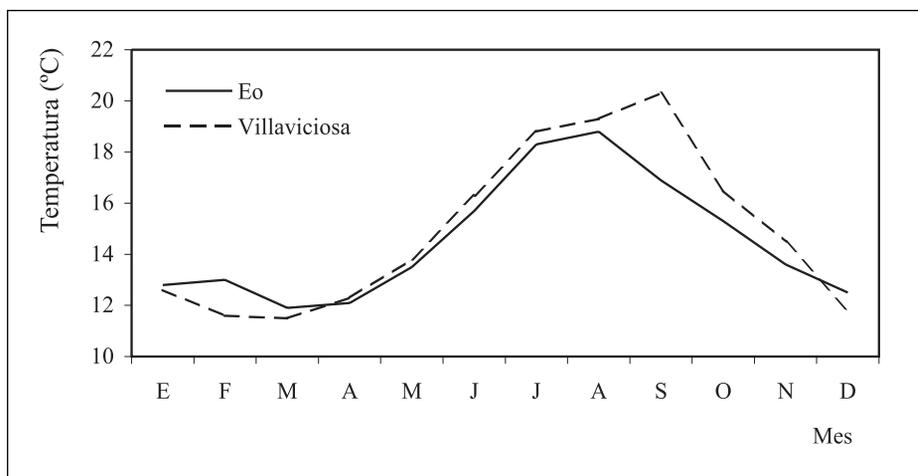


Figura 3. Evolución de la temperatura en las rías del Eo y Villaviciosa.

encontraba en estado de inicio de la gametogénesis (EI) y el otro 50 % estaba en el periodo de gametogénesis avanzada (EII), teniendo lugar la espermatogénesis y la ovogénesis, que continúan en febrero y marzo en prácticamente toda la población (figura 5).

En abril, todos los individuos se encontraban sexualmente maduros (EIII), siendo en mayo cuando parte de la población comienza la puesta (EIV), que se prolonga hasta junio. En julio, la mayoría de la población presentaba una restauración de la gónada que corresponde con el estado de posdesove (EV). Se observó un periodo de reposo sexual (E0) que abarca desde agosto hasta octubre.

En noviembre y diciembre se encontraron individuos en estado de inicio de la gametogénesis.

En la ría del Eo, en enero y febrero, la mayoría de la población se encontraba en estado de inicio de la gametogénesis. En marzo y abril tuvo lugar la espermatogénesis y la ovogénesis (gametogénesis avanzada), y en mayo y junio los individuos eran sexualmente maduros; el desove comenzó en julio, y parte de la población mostró un retraso desovando en agosto. En septiembre y octubre se observó un periodo de reposo sexual, siendo en este último mes en el que algunos individuos comenzaron la gametogénesis, estado en el que continuaron hasta diciembre (figura 6).

## DISCUSIÓN

### Medida de la actividad reproductora

El ciclo reproductor de bivalvos ha sido estudiado utilizando varias técnicas; una de ellas, el índice de condición gonadal (ICG), no es una técnica generalizada en los bivalvos debido a que en muchas especies hay dificultad para separar la gónada de los tejidos que la rodean. En la especie *S. marginatus*, sin embargo, la gónada se sitúa en el interior del pie, lo que facilita su aislamiento. Darriba, San Juan y Guerra (2004) utilizaron por primera vez este índice para *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865), siendo el presente trabajo la primera vez que se utiliza para *S. marginatus*.

Éste es un método sencillo y económico para tener una primera información del estado de

desarrollo gonadal de la población (Grant y Tyler, 1983). No obstante, es necesario realizar conjuntamente el estudio histológico para determinar el estado de desarrollo de la gónada en la población en cualquier época del año.

A la vista de los resultados obtenidos, se observó una concordancia entre ambos métodos utilizados, si bien los datos obtenidos en el análisis del ICG solo permiten definir las épocas de maduración y desove, siendo el análisis histológico el que permite determinar el ciclo gametogénico de la población.

### Actividad reproductora

En numerosas especies de bivalvos, el periodo de crecimiento gonadal y el desove han sido correlacionados con cambios estacionales en la temperatura (Sastry, 1979). En el noroeste de la península Ibérica hay numerosos ejemplos documentados de este hecho. Así, la gametogénesis de la ostra cultivada en bateas de la ría de Arousa comienza en enero, cuando las temperaturas del agua alcanzan sus valores más bajos, y la emisión de las larvas tiene lugar desde marzo-abril hasta finales de noviembre (Román, 1983). En la ría del Eo, Rodríguez y Carrasco (1995) describieron el ciclo reproductivo de *Ruditapes decussatus* (L., 1758), que presentó una fase de inicio de la gametogénesis entre enero y abril, continuando con la gametogénesis avanzada en mayo, madurez durante junio y julio y vaciamiento de la gónada en agosto y septiembre. En octubre se encontraban en reposo.

Dentro de la familia Solenidae se han encontrado varios patrones reproductivos. *E. arcuatus* presenta un ciclo anual en la ría de Vigo compuesto por una fase de reposo durante los meses de verano, seguida de una intensa gametogénesis que comienza a finales de verano y en otoño, dando lugar a una sucesión de puestas y restauraciones en invierno y primavera (Darriba, San Juan y Guerra, 2004). El ciclo reproductivo de *Ensis siliqua* (L., 1758), descrito por Darriba, San Juan y Guerra (2005b) en la ría de Corcubión y por Martínez (2002) en la ría del Barquero, presenta una fase de reposo sexual durante el verano y el otoño, seguida de una intensa gametogé-

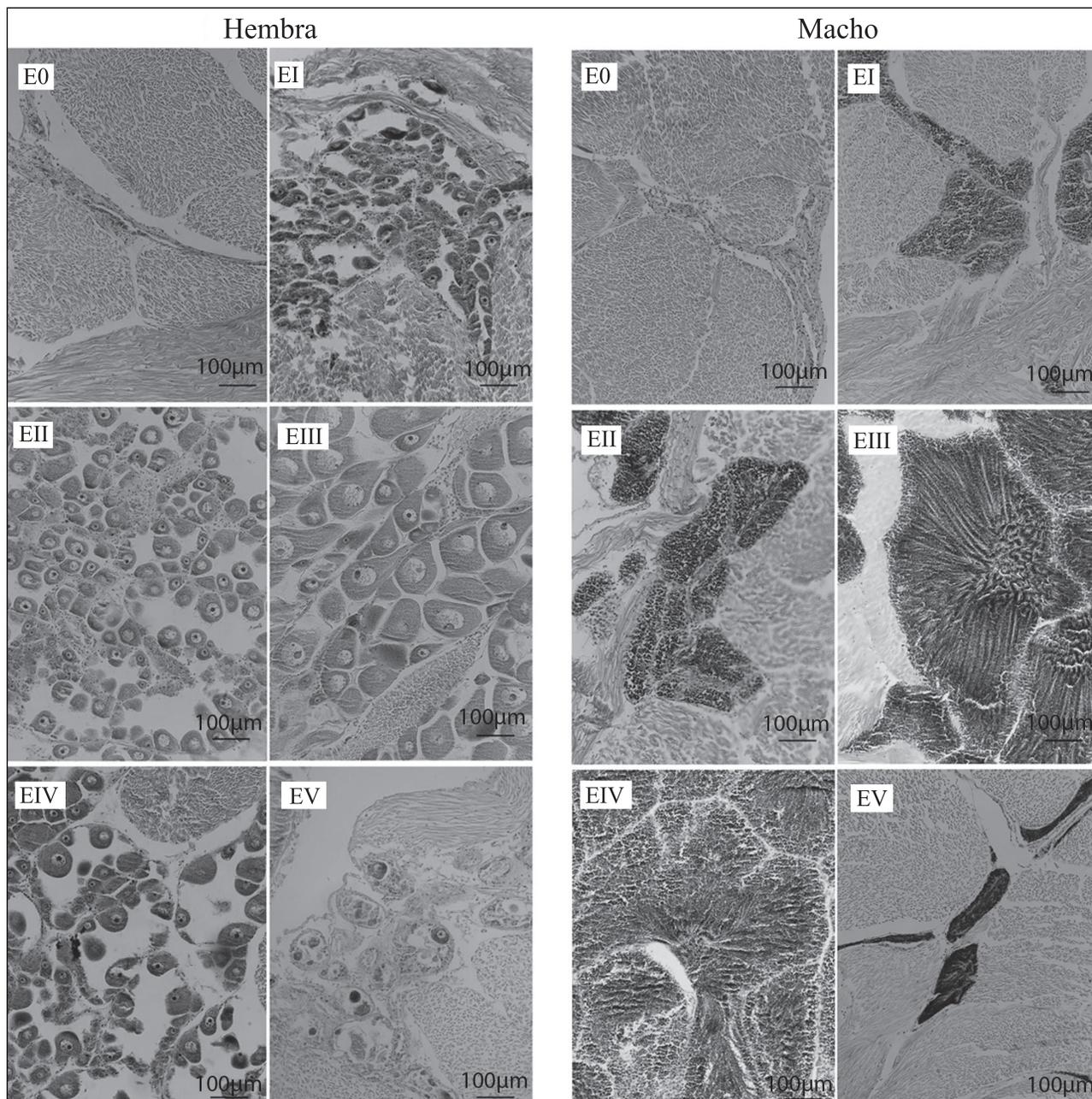


Figura 4. Secciones histológicas mostrando los diferentes estadios gametogénicos en las hembras y los machos de *S. marginatus*. (E0): reposo sexual; (EI): inicio de la gametogénesis; (EII): gametogénesis avanzada; (EIII): madurez sexual; (EIV): desove; (EV): posdesove.

nesis en invierno que da lugar a una única puesta a finales de primavera.

En *S. marginatus* se presenta también un ciclo anual, pero con algunas diferencias entre las poblaciones de las dos rías estudiadas. En la ría del Eo presenta una fase de reposo sexual durante los meses de septiembre a octubre. La gametogénesis comienza en noviembre y continúa el desarrollo gametogénico durante todo el

invierno, alcanzando la madurez en mayo y junio. En julio, parte de la población comienza la puesta, retrasándola algunos individuos hasta agosto. Sobre esta especie, y en la misma ría, existe un estudio anterior del ciclo reproductor llevado a cabo por Remacha-Triviño (2002) en el que se describe el mismo comportamiento, enmarcando el periodo de madurez durante mayo y junio.

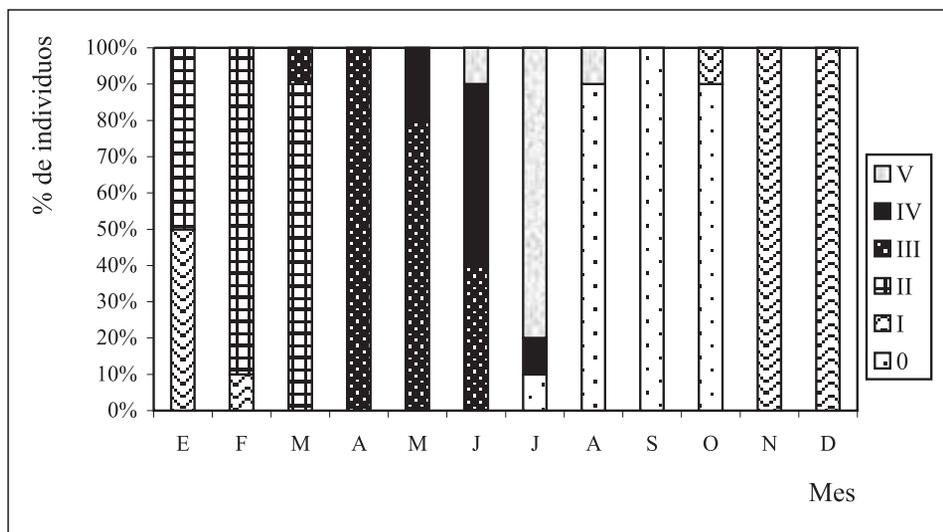


Figura 5. Evolución de los porcentajes de individuos en los diferentes estadios gametogénicos en la ría de Villaviciosa. (0): reposo sexual; (I): inicio de la gametogénesis; (II): gametogénesis avanzada; (III): madurez sexual; (IV): desove; (V): posdesove.

En la ría de Villaviciosa, la fase de reposo sexual, al igual que la madurez sexual y el desove, se adelanta con respecto a la ría del Eo, produciéndose la fase de reposo durante agosto, septiembre y octubre y alcanzando la madurez en abril y mayo; la puesta se inicia, en parte de la población, en este mismo mes de mayo, a finales de primavera, retrasándose en algunos individuos hasta junio. Este ciclo es similar al que se describe en la ría de Ortigueira (Martínez, 2002) y en el banco del cabo de Cruz (Da Costa, inédito), con fase de reposo sexual en agosto y septiembre, gametogénesis en invierno y puesta en mayo y junio.

En las costas atlánticas del sur de la península Ibérica el estudio realizado por Tirado *et al.*, (2002) sobre poblaciones de *S. marginatus* de la desembo-

cadura del río San Pedro (Andalucía), muestra un periodo de emisión de gametos claramente estacional, siendo abril y mayo los meses en los que prácticamente toda la población realiza la puesta.

El comportamiento reproductivo de *Ensis macha* (Molina, 1782) en Chile es similar, realizando la gametogénesis en la época más fría y efectuando el desove con el calentamiento de las aguas (Aracena, Carmona y Medina, 1998).

Existen diferencias temporales en la actividad reproductora de la especie *S. marginatus* entre localidades dentro de Asturias (presente estudio) y también con lo observado por otros autores en otras localidades de la península Ibérica (Martínez, 2002; Remacha-Triviño, 2002; Tirado *et al.*, 2002; Da Costa, inédito) (tabla III). Entre las poblaciones de las dos rías se constata la exis-

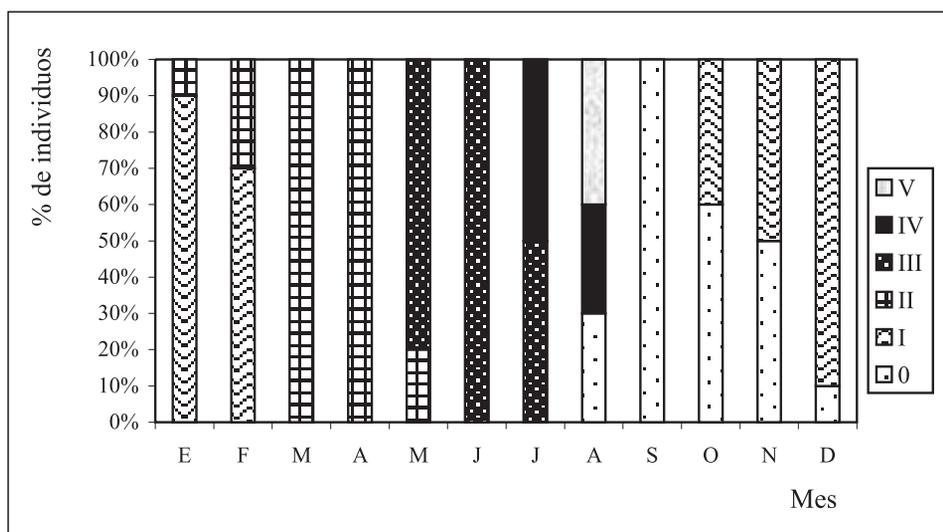


Figura 6. Evolución de los porcentajes de individuos en los diferentes estadios gametogénicos en la ría del Eo. (0): reposo sexual; (I): inicio de la gametogénesis; (II): gametogénesis avanzada; (III): madurez sexual; (IV): desove; (V): posdesove.

Tabla III. Fases de reposo sexual, madurez y puesta de *S. marginatus* en diferentes localidades de la península Ibérica.

Localidad	Autor	Periodo de estudio	Fase de reposo sexual	Época de madurez	Época de puesta
Río San Pedro (Andalucía)	Tirado <i>et al.</i> (2002)	1999-2000	Sep-dic	–	Abr-may
Cabo de Cruz	Da Costa (inédito)	2002-2003	Ago-sep	Abr-may	May-jun
Ría de Ortigueira	Martínez (2002)	1993-1994	Ago-sep	Abr-may	May-jun
Ría del Eo	Remacha-Triviño (2002)	1994-1995	–	May-jun	–
Ría del Eo	Presente estudio	2004	Sep-oct	May-jun	Jul-ago
Ría de Villaviciosa	Presente estudio	2004	Ago-oct	Abr-may	May-jun

tencia de una demora en la ría del Eo con respecto a la ría de Villaviciosa, tanto en el inicio de la fase de reposo y de madurez sexual como en la época de puesta.

### Influencia de variables ambientales

Esta influencia en el proceso reproductivo ha sido tratada en numerosos estudios desde hace décadas. Las variables que han resultado de mayor importancia son la temperatura y la cantidad de alimento disponible (Darriba, 2001).

Además de la temperatura y la cantidad de alimento, en ambas rías se analizaron la salinidad, el pH y el oxígeno disuelto. Estos tres últimos factores no presentaron apenas fluctuaciones a lo largo del periodo estudiado, por lo que no deben influir en las diferencias encontradas en el proceso gametogénico.

Como se ha comentado, la gametogénesis de muchas especies está relacionada con los cambios estacionales de temperatura, iniciándose, generalmente, cuando las temperaturas declinan en otoño. Los ciclos anuales pueden verse alterados por variaciones anuales de la temperatura, adelantando o atrasando el ciclo (Pérez Camacho y Román, 1987). Durante este estudio, la temperatura ha seguido el mismo patrón en las dos rías analizadas y presenta valores similares en ambas, por lo que no puede ser el factor causante de las diferencias encontradas.

Sin embargo, se han encontrado diferencias en el otro factor ambiental, la producción primaria, medida como concentración de clorofila *a*, que es mayor en la ría de Villaviciosa que en la ría del Eo, llegando prácticamente a constituir el

doble. La concentración de clorofila *a* se utiliza como medida de disponibilidad de alimento en el medio, ya que, al estar universalmente presente en todas las especies del fitoplancton (Lalli y Parson, 1997), es un indicador directo de la cantidad de éste en el agua.

Existe una estrecha interrelación entre el proceso gametogénico en bivalvos, la acumulación de reservas y la disponibilidad de alimento en el medio, ya que la gran demanda de energía requerida en la reproducción se satisface a partir del alimento recién ingerido o de las reservas acumuladas en épocas de abundancia de fitoplancton (Darriba, 2001).

Según algunos autores, la época de desove coincide con elevadas concentraciones de fitoplancton en el medio (Seed, 1976). Esto entraña una ventaja para las larvas debido a que, además de encontrarse con gran cantidad de alimento en el medio, las condiciones ambientales que favorecen las proliferaciones fitoplanctónicas también son favorables para su desarrollo (Starr, Himmelman y Therriault, 1990).

Según Delgado y Pérez Camacho (2005) en su estudio con *R. decussatus*, la energía procedente de la ingestión se destina prioritariamente al proceso reproductivo. De esta forma, el alimento disponible guarda relación directa con la velocidad de desarrollo gonadal. Así, existen grandes diferencias en cuanto al momento y la duración de la gametogénesis entre poblaciones de bivalvos con distintas disponibilidades de alimento (Hilbish y Zimmerman, 1988).

Las diferencias observadas en el ciclo reproductor entre las poblaciones de la ría del Eo y la ría de Villaviciosa, descartados el fotoperiodo,

por ser poblaciones de latitud similar, y también los otros factores ambientales controlados y ya comentados, son consistentes con las diferencias en la productividad primaria observadas en ambas rías. Así, la mayor productividad de la ría de Villaviciosa permite sostener la idea de que la población acumula reservas durante todo el año, posibilitando, así, su maduración justo antes de la proliferación plantónica de primavera y procurando entonces a las larvas las condiciones óptimas para su desarrollo. Sin embargo, en la ría del Eo, la producción es insuficiente durante todo el año para acumular las reservas necesarias en el proceso reproductivo, requiriendo la población el aporte energético del *bloom* de primavera para poder madurar y producir el desove.

No obstante, es también evidente que no uno, sino varios factores exógenos pueden servir para la regulación de la gametogénesis, y sería interesante conocer otras características ambientales de las zonas que pudieran influir en el desarrollo gametogénico de la especie.

## AGRADECIMIENTOS

A la Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (Jacumar) por subvencionar este proyecto (Cultivo y gestión de solénidos), al Centro de Control do Medio Mariño y al CIMA de Ribadeo de la Xunta de Galicia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aracena, O., M. A. Carmona y L. Medina. 1998. La navaja en la VIII región. *FONCET D96/1095* (1): 14 pp. Instituto de Fomento Pesquero. Universidad de Concepción, Chile.
- Barber, B. J. y N. J. Blake. 1991. Reproductive physiology. En: *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. S. E. Shumway (ed.): 377-409. Elsevier. Ámsterdam.
- Cosel, R. 1993. The razor shells of the eastern Atlantic. Part 1: Solenidae and Pharidae I (Bivalvia: Solenacea). *Archiv für Molluskenkunde* 122: 207-321.
- Darriba, S. 2001. *Biología de la navaja (Ensis arcuatus Jeffreys, 1865) de la Ría de Vigo (NO de España): Crecimiento y Reproducción*. Tesis doctoral. Universidad de Vigo. Vigo (Pontevedra), España: 283 pp.
- Darriba, S., F. San Juan y A. Guerra. 2004. Reproductive cycle of the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865) in northwest Spain and its relation to environmental conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 311: 101-115.
- Darriba, S., F. San Juan y A. Guerra. 2005a. Energy storage and utilization in relation to the reproductive cycle in the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865). *ICES Journal of Marine Science* 62: 886-896.
- Darriba, S., F. San Juan y A. Guerra. 2005b. Gametogenic cycle of *Ensis siliqua* (Linnaeus, 1758) in the Ría de Corubián, Northwestern Spain. *Journal of Molluscan Studies* 71: 47-51.
- Delgado, M. y A. Pérez Camacho. 2005. Histological study of the gonadal development of *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca: Bivalvia) and its relationship with available food. *Scientia Marina* 69 (1): 87-97.
- Gaspar, M. B. y C. C. Monteiro. 1998. Reproductive cycles of the razor clam *Ensis siliqua* and the clam *Venus striatula* off Vilamoura, Southern Portugal. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 78: 1247-1258.
- Giese, A. C. y J. S. Pearse. 1974. Introduction: General Principles. En: *Reproduction of marine invertebrates. Acelomate and Pseudocelomate Metazoans*. A. Giese y J. Pearse (eds.) 1: 1-49. Academic Press. Nueva York.
- González-Tizón, A. M., M. Fernández Moreno, A. Martínez-Lage y J. Méndez. 2003. Análisis del gen mitocondrial ARNr 16s en diferentes poblaciones de navajas. En: *IX Congreso Nacional de Acuicultura (Cádiz, mayo 2003). La acuicultura como actividad económica en las zonas costeras: Libro de Resúmenes* (12-16 de mayo, 2003. Cádiz, España): 203-204. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla, España.
- Grant, C. M. y P. A. Tyler. 1983. The analysis of the data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad indices and maturity indices. *Int. J. Invertebr. Reprod.* 6: 259-269.
- Hayward, P. J., G. D. Wigham y N. Yonow. 1996. Molluscs. En: *Handbook of the marine fauna of North-West Europe*. P. J. Hayward y J. S. Ryland (eds.): 484-628. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.
- Hilbish, T. J. y K. M. Zimmerman. 1988. Genetic and nutritional control of the gametogenic cycle in *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* 98: 228-233.
- Howard, D. W. y C. S. Smith. 1983. Histological Techniques for Marine Bivalve Molluscs. *NOAA Technical Memorandum NMFS-F/NEC-25*: 97 pp. Woods Hole, Massachusetts, EE UU.
- Lalli, C. M. y T. R. Parson. 1997. Phytoplankton and primary production. En: *Biological Oceanography. An introduction* (The Open University Oceanography Series). 2ª edición: 40-62. Butterworth-Heinemann. Oxford, Reino Unido.
- Lindahl, O. 1986. A dividable hose for phytoplankton sampling. *ICES C.M.* 1986/L:26.
- Martínez, D. 2002. *Estudio de los Solénidos, Solen marginatus (Pennant, 1777) y Ensis siliqua (Linné, 1758), de los bancos naturales de la Ría de Ortigueira y Ría del Barquero: ciclo gametogénico, composición bioquímica y cultivo larvario*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela (A Coruña), España: 240 pp.

- Pérez Camacho, A. y G. Román. 1987. La reproducción en los moluscos bivalvos. En: *Reproducción en Acuicultura*. J. Espinosa y U. Labarta (eds.): 133-216. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura (FEUGA). Madrid, España: 321 pp.
- Remacha-Triviño, A. 2002. *Estereología moderna y anatomía del aparato excretor, espacios de referencia y tejido hemolinfático de la especie Solen marginatus (Mollusca: Bivalvia)*. Interacciones fisiopatológicas del nefridio en relación al desarrollo del ciclo reproductivo. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo. Oviedo (Asturias), España: 308 pp.
- Rodríguez, C. y J. F. Carrasco. 1995. Estudio del banco natural de la almeja fina (*Ruditapes decussatus*) en la ría del Eo (Asturias). En: *Actas del V Congreso Nacional de Acuicultura* (10-13 de mayo 1995, Sant Carles de la Ràpita, Tarragona, España). F. Castelló i Orvay y A. Calderer i Rey (eds.): 318-323. Publicacions de la Universitat de Barcelona. Barcelona, España.
- Román, G. 1983. Estudios sobre la reproducción de la ostra (*Ostrea edulis*) en la ría de Arousa. En: *Actas do primeiro seminario de ciencias do mar. As rías galegas* (10-12 de marzo, 1983. Vigo, Pontevedra, España). (Cuadernos da Área de Ciencias Mariñas. Seminario de Estudos Galegos) 1: p. 35. Edición do Castro. Sada (A Coruña), España.
- Sastry, A. 1979. Pelecypoda (Excluding Ostreidae). En: *Reproduction of marine invertebrates. Pelecypods and lesser classes*. A. Giese y J. Pearse (eds.) 5: 113-192. Academic Press. Nueva York.
- Seed, R. 1976. Ecology. En: *Marine mussels: Their ecology and physiology*. B. L. Bayne (ed.): 13-65. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Shaw, B. L. y H. I. Battle. 1957. The gross and microscopic anatomy of the digestive tract of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Can. J. Zool.* 35: 325-347.
- Starr, M., J. H. Himmelman y J. Therriault. 1990. Direct coupling of marine invertebrate spawning with phytoplankton blooms. *Science* 247 (4946): 1071-1074.
- Tirado, C., A. Rodríguez, M. A. Bruzón, J. I. López, C. Salas e I. Márquez. 2002. *La reproducción de bivalvos y gasterópodos de interés pesquero en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca (ed.): 43-47. Junta de Andalucía. Sevilla, España.