

Densidad, biometría y proporción de sexos de *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) (Mollusca: Bivalvia) en la ría del Eo (noroeste de España)

A. Remacha-Triviño

University of Rhode Island, Dpt. of Fisheries, Animal and Vet. Sciences, 20A Woodward Hall, Kingston, RI-02881, EE UU. Correo electrónico: tonirem@gmail.com

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

RESUMEN

Se investiga la densidad, biometría y proporción de sexos de *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) en los bancos naturales de Reme y La Regueira situados en la ría del Eo, el mayor estuario del Principado de Asturias (noroeste de España). La especie se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de ambos bancos, sin existir diferencias significativas entre las distintas áreas comparadas. *S. marginatus* presenta una densidad media de 31 indiv m⁻². El mejor ajuste biométrico de la relación longitud de valvas *versus* peso escurrido corresponde a la regresión potencial. Las áreas cubiertas por la fanerógama marina *Zostera marina* son las más densamente pobladas. *S. marginatus* es una especie dioica, distribuida según una proporción de sexos 1:1. No se encontraron individuos hermafroditas.

Palabras clave: Bivalvos, Solenidae, navajas, densidad, morfometría, *Zostera*.

ABSTRACT

Density, biometry and sex ratio of the razor clam *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) in Eo ria (north-western Spain)

Data on the density, biometry and sex ratio of the razor clam *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) are presented. Sampling was performed on the natural beds of Reme and La Regueira, located in Eo ria, the largest inlet of Asturias region (northwest of Spain). The species was found to be widely distributed along both beds, with no significant differences in density among the different areas compared. The mean density of the species was 31 indiv m⁻². Power regression: shell length vs. drained weight, was found to be the most suitable fit. Areas covered by the phanerogam *Zostera marina* were the most densely inhabited. *S. marginatus* is dioecious, being distributed according to a sex ratio of 1:1. No hermaphrodite specimens were found.

Keywords: Bivalves, Solenidae, razor clams, density, morphometry, *Zostera*.

INTRODUCCIÓN

Las navajas, familias Solenidae y Pharidae, ambas englobadas dentro de la superfamilia *Solenacea*, son uno de los grupos de moluscos bivalvos no cultivados de mayor demanda, y su índice

de consumo ha aumentado de forma significativa en los últimos años.

Solen marginatus (Pulteney, 1799) es la especie de navaja más abundante en el Principado de Asturias (noroeste de España), y particularmente en la ría del Eo, el mayor estuario de la región

y dentro del cual es probable que se hallen los bancos naturales de mayores densidades.

El auge en la comercialización de navajas es, sin duda, una consecuencia de la diversificación de especies pesqueras y marisqueras de consumo, posiblemente debida a dos hechos: en primer lugar, la tendencia actual hacia una mayor diversificación gastronómica, y en segundo, compensar la escasez, y consecuente carestía, de otras especies marinas antaño frecuentes.

Los estudios de densidad, biometría y proporción de sexos de especies marinas potencialmente cultivables deberían constituir un paso previo obligado al inicio de su explotación acuícola. La optimización de las condiciones de cultivo solo puede realizarse adecuadamente a través de un conocimiento detallado de la biología de la especie como resultado de su interacción con el medio natural. Por ello, el objetivo de este trabajo es conocer la densidad, biometría y proporción de sexos de la especie *S. marginatus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en los intervalos junio-septiembre de 1996 y abril-octubre de 1997, con periodicidad mensual, en los bancos de Reme y La Regueira de la ría del Eo (figura 1). Se establecieron dos estaciones de muestreo en Reme, separadas 65 m, y una en La Regueira (figura 2). Las muestras se obtuvieron a partir de una superficie de muestreo estándar de 0,25 m², análoga a la utilizada por Rodríguez y Carrasco (1995), dispuesta aleatoriamente sobre el sedimento y registrándose las coordenadas de cada sondeo. El sedimento situado bajo la superficie a muestrear se cubrió con sal, se excavó hasta una profundidad de 80 cm y se fue depositando, en cantidades transportables, sobre superficies que constaban de tres capas superpuestas de plástico térmico de 4 m² de superficie y 1 mm de grosor. Una vez finalizadas las excavaciones, cada fracción de sedimento se desplazó sobre los plásticos, fuera de la influencia de la marea, y se mantuvo sobre éstos hasta completar las extracciones de sedimentos. Posteriormente, los sedimentos extraídos se pasaron por un tamiz de 5 mm de luz de malla, anotando el número de animales obtenido en

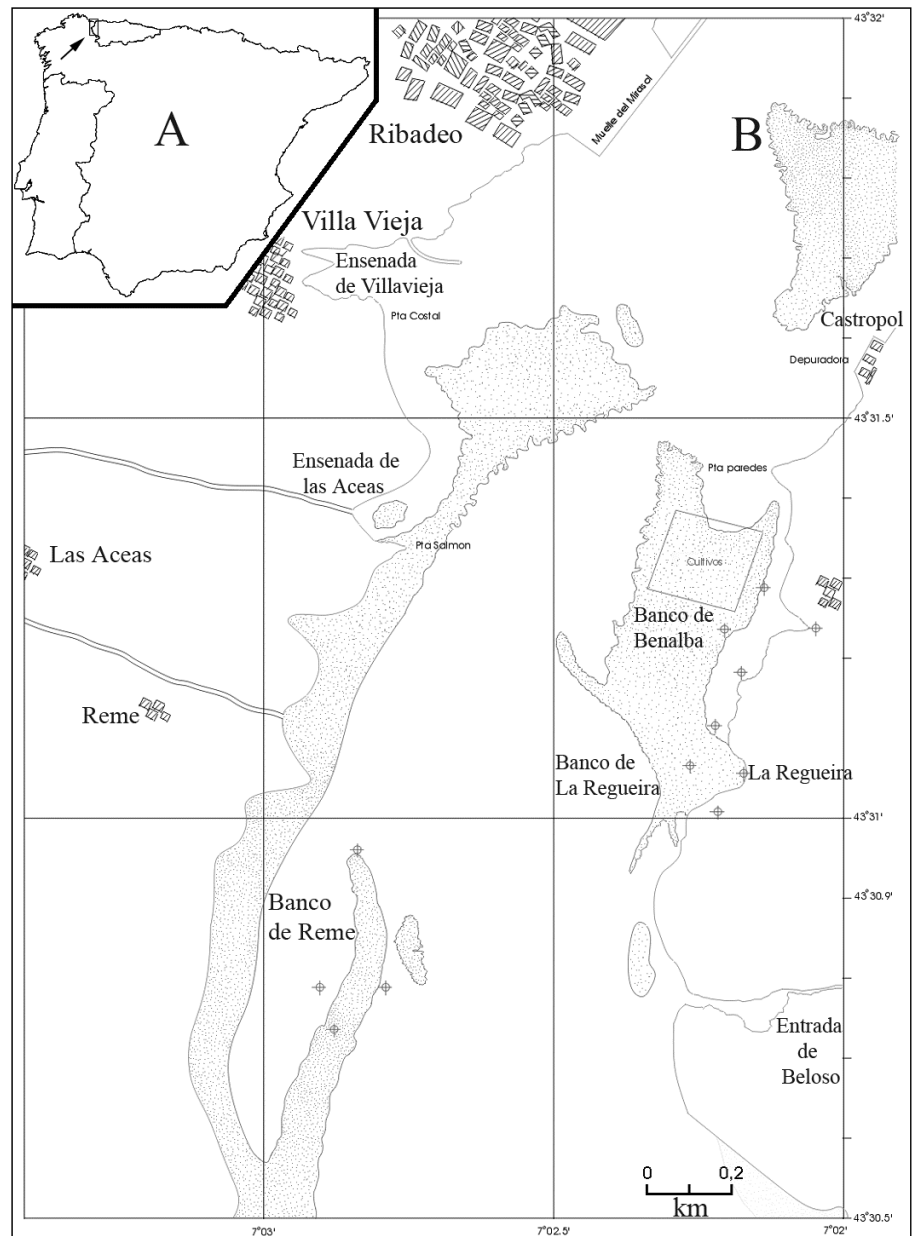
cada sondeo. Este tipo de muestreo, obviamente sesgado con respecto a individuos de altura valvar menor de 5 mm, obliga a la exclusión de este estudio de dicha fracción de animales, si bien permitió obtener los suficientes ejemplares representativos para ampliar el rango de tamaños de los estudios biométricos. Simultáneamente, se capturaron 100 individuos con sal, que se utilizaron para reemplazar a los ejemplares mutilados en el proceso del muestreo por otros de características biométricas similares. Los animales no reemplazados de dicho muestreo con sal se incorporaron a los estudios biométricos. El mes de junio de 1996 se excluyó del estudio de densidades al no haberse muestreado en dicho mes con cuadrícula estándar.

Tras su transporte al laboratorio, se midió la longitud y altura de valvas de los individuos por medio de un calibre y se obtuvo el peso escurrido de cada ejemplar mediante una balanza de precisión, ajustándolo a la centésima de gramo más próxima. Después de estas mediciones, las muestras se fijaron en formol al 4 % en agua de mar para su estudio posterior. Se diseccionó la gónada de los individuos fijados, se estudió la distribución de sexos en el intervalo de meses abril-junio, en el que fue posible determinar el sexo de todos los individuos muestreados mediante la observación de frotis de gónadas al microscopio, y se estimó la proporción de sexos mediante un test binomial.

Las coordenadas de los sondeos se representan en un plano en el que los bancos de Reme y La Regueira, ubicados a ambos lados de la ría, se sitúan a la misma altura con respecto al nivel del mar (figura 2). Para ello, en dos mareas vivas de octubre de 1997 se midieron de forma simultánea en los dos bancos las distancias desde una serie de puntos de referencia situados a lo largo de ambas estaciones hasta la línea de bajamar, con una orientación fija y aproximadamente paralela a la línea de costa. La superficie muestral o parcela correspondiente, consistente en un rectángulo de 420 m × 30 m orientado paralelamente a la línea de costa, se dividió en tres sectores longitudinales de 10 m.

Se compararon las densidades según estaciones y sectores de muestreo mediante ancovas. A partir del conjunto de muestras: a) se evaluó la distribución general y espacial dentro de cada

Figura 1. (A): situación geográfica de la ría del Eo. (B): mapa parcial de la parte alta de la ría del Eo y localización de los bancos de Reme y La Regueira.



banco; b) se estimaron las regresiones lineales, exponenciales y potenciales correspondientes a la relación longitud valvar *vs.* peso escurrido; y c) se estimaron las variables descriptivas más comunes relativas a la densidad y a dichas características biométricas.

Con el fin de verificar la reproductividad del método de muestreo mediante excavación, se capturaron diez individuos con sal en la estación de Reme, con periodicidad mensual y durante el intervalo febrero-abril de 1996. Estas muestras fueron marcadas con rotulador indeleble, se

sumergieron en agua de mar durante 10 minutos para facilitar la eliminación completa de la sal y se les permitió enterrarse espontáneamente en el sedimento de la estación, dentro de una superficie marcada de 0,25 m²; los individuos en los que se observó una ralentización en el enterramiento en comparación con el resto de individuos de la muestra, eran sustituidos. Transcurridos 30 minutos, se excavó dicha superficie acotada hasta una profundidad de 80 cm y se recuperó el 100 % de los individuos en todos los casos.

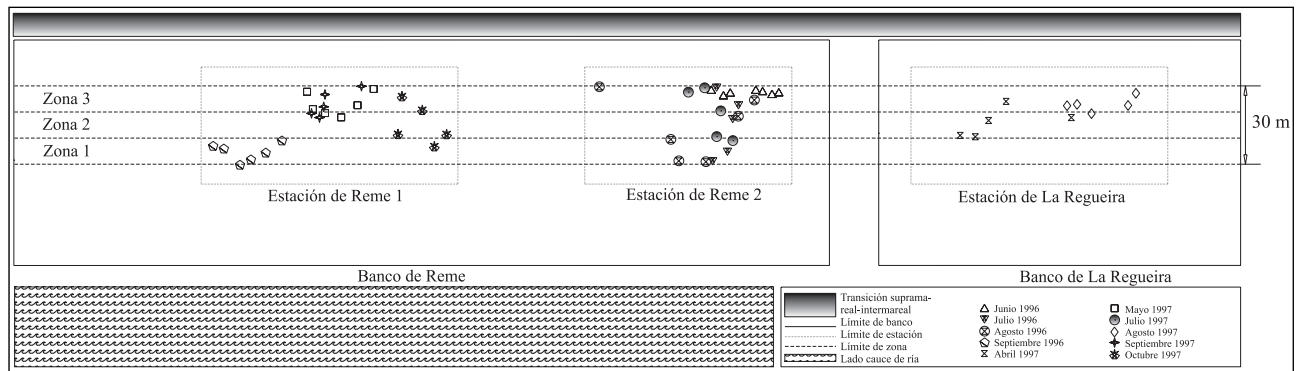


Figura 2. Situación de estaciones muestrales, localización de muestreos y distribución de zonas en los bancos de Reme y La Regueira respecto al nivel del mar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Viabilidad del muestreo mediante excavación

S. marginatus es una especie de desplazamiento rápido en sedimento en comparación con otros bivalvos. Parece, por tanto, razonable suponer que el muestreo mediante excavación sea inadecuado para esta especie debido a la posibilidad de evasión de parte de los individuos, pero el experimento de verificación de la reproductividad del método de excavación ha demostrado la viabilidad de este tipo de muestreo. Los motivos pueden ser los siguientes: a) la excavación tiende a desorganizar el sedimento, entorpeciendo la fuga de los animales; b) la sal añadida previamente induce a los ejemplares en contacto con la misma a ascender o, al menos, retarda su profundización en el sedimento; y c) cada excavación se realiza en un máximo de cuatro minutos, tiempo suficientemente corto para reducir notablemente la posibilidad de desaparición completa de ejemplares en una columna de sedimento de 80 cm. Por otra parte, debe considerarse que, si bien en la región submareal los estudios de densidad de bivalvos pueden realizarse con draga, se desconoce otro tipo de método de muestreo alternativo para realizar dichos estudios de estos animales en la zona intermareal. El muestreo mediante *corer* se intentó inicialmente, pero se abandonó al comprobar que el proceso de introducción de los *corer* en el sedimento hasta los 80 cm y su posterior extracción resultaba mucho más lento y complicado (tanto si son de PVC como metálicos) que la simple excavación, debido a la dureza del sedimento y a la presencia frecuente de piedras y con-

chas de otros bivalvos enterrados en las áreas investigadas; por otra parte, los animales podían evadirse igualmente del *corer*. En cualquier caso, el método de excavación en intermareal se considera mucho más fiable para estudios de densidades de Solenidae que otros procedimientos de muestreo alternativos (por ejemplo fisga o sal), basados en la captura de ejemplares mediante la observación sobre la superficie del sedimento de los orificios correspondientes a las galerías excavadas por ellos. Así, el número de animales capturados mediante excavación llegó a cuadruplicar la cifra de orificios de la especie observados sobre el sedimento de la superficie excavada. No se descarta, sin embargo, la posibilidad de una cierta pérdida de individuos debida al procedimiento de muestreo empleado.

Distribución general

La superficie total de terreno correspondiente a los bancos naturales investigados descubiertos en bajamar con un coeficiente 90, comprendió un área de 12 600 m². En ella, la especie parecía extenderse a lo largo de aquellas zonas donde la composición del sustrato era supuestamente la más adecuada.

S. marginatus fue muy infrecuente por encima del límite superior de la superficie de muestreo del banco de Reme, situado a unos 30 metros de distancia del borde del agua en la bajamar de marea viva. En el banco de La Regueira, todavía se encuentran densidades elevadas a partir de los 30 m, comprobándose que éstas parecen mantenerse al menos hasta los 35 m.

La densidad de *S. marginatus* es significativamente superior ($P < 0,05$) en las áreas cubiertas por la fanerógama *Zostera marina*. Su presencia parece garantizar un cierto grado de camuflaje de los animales frente al marisqueo; así los mariscadores suelen renunciar a la captura de navajas en áreas con presencia de *Zostera* por la mayor dificultad en la misma. Cabe destacar que las muestras de mayor densidad se obtuvieron en las zonas densamente colonizadas por esta fanerógama.

Lee, Fong y Wu (2001) demostraron que la presencia de *Zostera japonica* incrementaba significativamente la densidad y biomasa de diferentes especies de moluscos. Por su parte, Boström *et al.* (2002) llegaron a las mismas conclusiones para las áreas colonizadas por *Zostera marina* del mar Báltico, siendo el bivalvo *Macoma balthica* (L., 1758) la especie que mostró el aumento de densidad más significativo. Ambas referencias atribuyen tales cambios en la fauna en torno a *Zostera* a un incremento de la cantidad de nutrientes como consecuencia de la eutrofización del medio.

La densidad media total obtenida en este estudio para *S. marginatus* es muy superior a las descritas para otras especies del género *Solen* y otros Soleacea. *S. Gouldii* Conrad, 1867 alcanza una densidad máxima de 16 indiv m^{-2} y 12 indiv m^{-2} de densidad media en China oriental (Jie *et al.*, 2001). En Tijuana, la densidad de *S. rosaceus* Carpenter, 1864 oscila entre 6,3 y 12,9 indiv m^{-2} (Desmond *et al.*, 2000). Por su parte, *Ensis minor* (Cheng, 1843) presenta una densidad de 0,8811 indiv m^{-2} en el estuario de Suwannee (Florida) (Harris, 2003).

Descripción general de variables morfométricas

En la tabla I se recogen características descriptivas comunes a todos los ejemplares de *S. marginatus* muestreados, independientemente de su lugar de captura, tamaño o estación, correspondientes a las variables biométricas longitud valvar, altura valvar y peso escurrido.

Regresión poblacional anual

Se estimaron los modelos de regresiones lineal, exponencial y potencial correspondientes a la

relación longitud valvar *vs.* peso escurrido y aplicados al conjunto de datos previos. La regresión más adecuada es la potencial (figura 3), que corresponde al ajuste óptimo de dichas variables obtenida por otros autores en otras especies de bivalvos –*Ensis minor* (Casavola *et al.*, 1985); *Perna picta* (Born, 1780) (Shafee, 1989); *Ruditapes decussatus* (L., 1758) (Shafee y Daoudi, 1991); *Mytilus edulis* L., 1758 (Sukhotin y Kulakowski, 1992); *Lithophaga lithopaga* (L., 1758) (Galinou-Mitsoudi y Sinis, 1994); *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 (Villalba, 1995); *Donax trunculus* L., 1758 (Tirado y Salas, 1995)–.

La ecuación de regresión obtenida es

$$W = 6,26 \cdot 10^{-5} \cdot L^{2,68}$$

En lo que respecta a otros estudios biométricos de *S. marginatus*, tanto el tamaño de muestra como el rango de longitudes empleados en la estimación de la regresión de este estudio fueron superiores a los de otras referencias previas (Remacha-Triviño, 1996; Remacha-Triviño, 2002; Martínez, 2002), por lo que esta regresión poblacional es más representativa para la especie.

Tabla I. Medias muestrales (\bar{X}), máximos (M), mínimos (m), rangos (R), errores estándares de las medias muestrales: se (\bar{X}), coeficientes de variación de las medias muestrales: cv (\bar{X}) y tamaño de las muestras (n) de las variables biométricas longitud (L), altura (A) y peso escurrido (P).

	L (mm)	A (mm)	P (g)
\bar{X}	88,76	14,80	12,00
M	127,70	20,00	39,51
m	15,40	2,90	0,05
R	112,30	17,10	39,46
se (\bar{X})	0,58	0,08	0,18
cv (\bar{X})	0,01	0,01	0,02
n	1 008	1 008	1 008

Densidad total

En la tabla II se presentan características descriptivas comunes a todos los ejemplares de *S.*

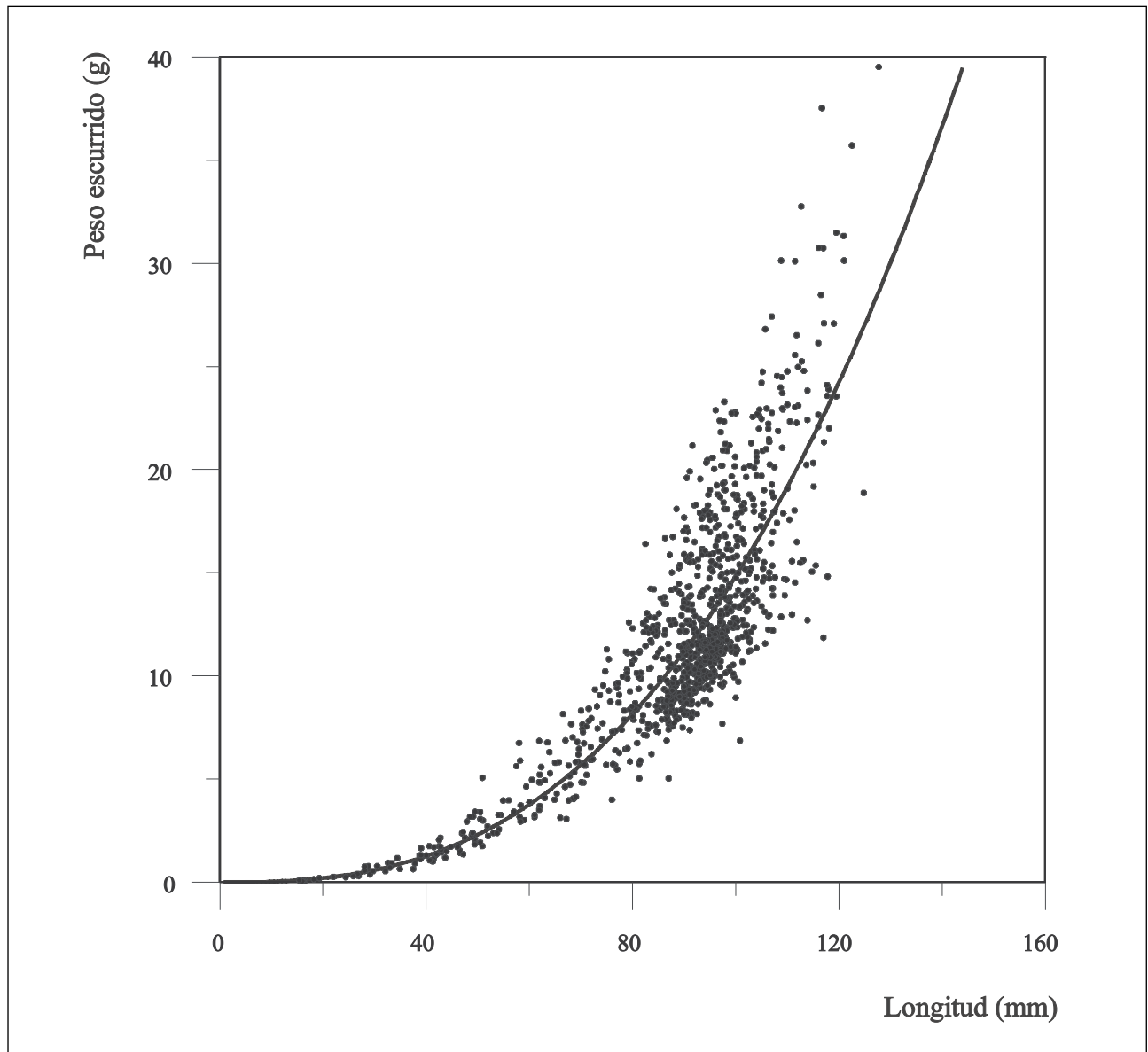


Figura 3. Regresión potencial entre las variables longitud valvar y peso escurrido.

marginatus muestreados, independientemente de su lugar de captura, tamaño o estación de muestreo.

Variación de la densidad según la estación de muestreo

No se encontraron diferencias significativas de densidad de *S. marginatus* entre las estaciones ($P > 0,05$), lo cual implica una probable densidad media similar en las áreas de presencia de la especie. Sin embargo, la dis-

Tabla II. Densidad media (\bar{D}), densidad máxima, densidad mínima, error estándar de la densidad media: se (\bar{D}), coeficiente de variación de la densidad media: cv (\bar{D}) y tamaño de muestra (n) del conjunto de ejemplares muestreados.

Datos globales	
\bar{D} (indiv m ⁻²)	31
D máxima (indiv m ⁻²)	84
D mínima (indiv m ⁻²)	0
se (\bar{D}) (indiv m ⁻²)	0,21
cv (\bar{D})	0,03
n	429

Tabla III. Densidad media (\bar{D}), densidad máxima, densidad mínima, desviación típica de la densidad: sd (D), error estándar de la densidad media: se (\bar{D}), coeficiente de variación de la densidad media: cv (\bar{D}) y tamaño de la muestra (n) en cada una de las tres estaciones de muestreo.

	La Regueira	Reme (1)	Reme (2)
\bar{D} (indiv m ⁻²)	29	33	30
D máxima (indiv m ⁻²)	52	68	84
D mínima (indiv m ⁻²)	12	4	0
sd (D) (indiv m ⁻²)	10,96	16,4	21,6
se (\bar{D}) (indiv m ⁻²)	0,29	0,40	0,39
cv (\bar{D})	0,04	0,04	0,04
n	87	185	157

persión es más homogénea en La Regueira (tabla III).

Variación de la densidad según el sector de muestreo

No se encontraron diferencias significativas de densidad de *S. marginatus* entre sectores ($P > 0,05$), por lo que es muy probable que las densidades de los bancos sean independientes de la distancia perpendicular al agua en sus primeros treinta metros, tomando como referencia el punto de máxima bajamar para un coeficiente 90 de marea.

Proporción de sexos

Los moluscos bivalvos son generalmente dioicos (Barnes, 1987). Mackie (1984) y Morton (1991) establecen que la proporción teórica de sexos en dichos animales es de 1:1, aunque existan casos en los que esta relación no se cumpla (Galinou-Mitsoudi y Sinis, 1994). En los meses investigados, la distribución de sexos de la especie *S. marginatus* se ajustó a dicha proporción teórica. *S. marginatus* es dioica. No se encontraron hermafroditas.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección Regional de Pesca del Principado de Asturias por autorizar los muestreos, al mariscador Don Manuel Fernández González, sin cuya colaboración e implicación, este estudio habría resultado imposible, y a Montserrat Caya-

do López por su ayuda en los muestreos. La investigación fue realizada dentro del Proyecto de Interés Regional IR-97-515-3, subvencionado por la Universidad de Oviedo en 1997.

BIBLIOGRAFÍA

- Barnes, R. D. 1987. *Invertebrate Zoology*. CBS College Publishing. Nueva York: 1 056 pp.
- Boström, C., E. Bonsdorff, P. Kangas, y A. Norkko. 2002. Long term changes of Brackish-water Eelgrass (*Zostera marina* L.) community indicate effect of coastal eutrophication. *Estuarine Coastal and Shell Science* 55: 795-804.
- Casavola, N., N. Rizzi, N. Marano y C. Saracino. 1985. Ciclo riproduttivo e biometria di *Ensis minor* (Chenu) (Bivalvia: Solenidae) nel golfo di Manfredonia. *Oebalia* 11: 439-449.
- Desmond, J., M. Cordrey, J. Johnson, K. Ward y J. Zedler. 2000. Tijuana River Estuarine Research Reserve: Annual Report on Ecosystem Monitoring. En: *Technical Memorandum on the Tijuana River National Estuarine Research Reserve*. NOAA. National Ocean Service. Sanctuaries Program Division. Washington D.C.: 71 pp.
- Galinou-Mitsoudi, S. y A. I. Sinis. 1994. Reproductive cycle and fecundity of the date mussel *Lithophaga lithophaga* (Bivalvia: Mytilidae). *Journal of Molluscan Studies* 60: 371-385.
- Harris, J. E. 2003. *Distribution of Gulf of Mexico sturgeon (Acipenser oxyrinchus desotoi) in relation to environmental parameters and the distribution of benthic invertebrates in the Suwannee River Estuary, Florida*. Tesis doctoral. Universidad de Florida. Estado de Florida, EE UU: 110 pp.
- Jie, H., Z. Zhinan, Y. Zhinan y J. Windows. 2001. Differences in the benthic-pelagic particle flux (biodeposition and sediment erosion) at intertidal sites with and without clam (*Ruditapes philippinarum*) cultivation in Eastern China. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 261: 245-261.
- Lee, S. Y., C. W. Fong y R. S. S. Wu. 2001. The effects of seagrass (*Zostera japonica*) canopy structure on associated fauna: a study using artificial seagrass units and

- sampling of natural beds. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 259: 23-50.
- Mackie, G. L. 1984. Bivalves. En: *The Mollusca. Vol. 7. Reproduction*. K. M. Wilbur (ed.): 409-531. Academic Press. Nueva York.
- 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.
- Morton, B. 1991. Do the Bivalvia demonstrate environment-specific sexual strategies? A Hong Kong model. *Journal of Zoology* 223: 131-142.
- Remacha-Triviño, A. 1996. *Ciclo reproductivo y biometría de Solen marginatus (Pennant, 1777) (Mollusca: Bivalvia) en la Ría del Eo*. Seminario de investigación. Universidad de Oviedo. Oviedo (Asturias), España: 26 pp.
- Remacha-Triviño, A. 2002. *Estereología Moderna y Anatomía del aparato excretor, espacios de referencia y tejido hemolinfático de 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 de un banco natural de 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.
- Shafee, M. S. 1989. Reproduction of *Perna picta* (Mollusca: Bivalvia) from the Atlantic Coast of Morocco. *Marine Ecology* 53: 235-245.
- Shafee, M. S. y M. Daoudi. 1991. Gametogenesis and spawning in the carpet-shell clam *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca: Bivalvia) from the Atlantic Coast of Morocco. *Aquaculture and Fisheries Management* 22: 203-216.
- Sukhotin, A. A. y E. E. Kulakowski. 1992. Growth and population dynamics in the mussels (*Mytilus edulis* L.) cultured in the White Sea. *Aquaculture* 101: 59-73.
- Tirado, C. y C. Salas. 1995. Reproduction and fecundity of *Donax trunculus* L., 1758 (Bivalvia: Donacidae) in the littoral of Málaga (Southern Spain). *Journal of Shellfish Research* 17 (1): 166-176.
- Villalba, A. 1995. Gametogenic cycle of cultured mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the bays of Galicia (NW Spain). *Aquaculture* 130: 269-277.