



Departamento de Biología

Área de Zoología

Aspectos reproductivos de *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) en el banco marisquero de Vilarrube. Implicaciones en la gestión pesquera.

*Reproductive aspects of *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) in the shellfishing ground of Vilarrube. Implications in fisheries management.*



Carlos Veloy Domínguez

Trabajo fin de Máster en Biología Marina, Curso 2017/2018

Directores: Dr. Luis Fernández Rodríguez

Dr. Ignacio Alborés Blanes

RESUMEN

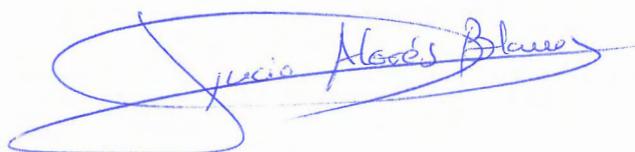
En este trabajo se estudia la talla de madurez sexual, el desarrollo gonadal, el ciclo reproductivo y el potencial reproductivo una población de coquina (*D. trunculus*) en la playa de Vilarrube (Galicia, NO España), que actualmente es el último banco productivo de este recurso en Galicia. Para ello se realizaron muestreos mensuales durante un ciclo anual y se capturaron 3121 ejemplares a los que se midió la longitud de la concha y se definió su estado gonadal en base a su coloración, tamaño relativo y presencia de diferentes estructuras. En la población de coquina estudiada se vio una sex ratio de 1:1, la existencia de varias cohortes diferenciadas y la aparición de nuevos individuos en el mes de octubre. La talla de madurez obtenida en este estudio fue de 14.2 mm. El método empleado para establecer el ciclo gametogénico permitió obtener 7 estados de desarrollo gonadal con los que se acotó un período de desove entre abril y julio. Con los datos obtenidos sobre el potencial reproductivo de la población concluimos que la talla mínima de captura actual no compromete la capacidad reproductiva de *D. trunculus*.

ABSTRACT

In this study the maturity size, gonadal development, reproductive cycle and reproductive potential of a population of wedge clams (*D. trunculus*) are studied in Vilarrube beach (Galicia, NW Spain), which is nowadays the last shellfishing ground of this resource in Galicia. For that reason, monthly samplings during an annual cycle were made and 3121 specimens were captured, the length of their shell was measured and their gonad stage was determined based on coloration, relative size and presence of different structures. In this population of wedge clams a sex ratio of 1:1 was observed, as well as the existence of several differentiated cohorts and the appearance of new individuals in October. The obtained size at maturity was 14.2 mm. The method used to stablish the gametogenic cycle allowed to obtain 7 development stages with which a spawning period between April and July was delimited. With the obtained data of the population's reproductive potential we conclude that the current minimum capture size doesn't compromise the reproductive capability of *D. trunculus*.

D. Ignacio Alborés Blanes y D. Luis Fernández Rodríguez manifiestan que el trabajo de fin de máster “Aspectos reproductivos de *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) en el banco marisquero de Vilarrube. Implicaciones en la gestión pesquera” ha sido desarrollado satisfactoriamente por Carlos Veloy Domínguez. Por tanto autorizan la presentación de dicho trabajo para su defensa ante el tribunal calificador.

A Coruña, 14 de Febrero de 2018



Fdo. Ignacio Alborés Blanes



Luis Fernández Rodríguez

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
MATERIAL Y MÉTODOS	4
Área de estudio	4
Muestreo	4
Procesado de muestras en laboratorio.....	5
Análisis de datos	6
RESULTADOS	7
Estructura de tallas y ratio sexual	7
Desarrollo gonadal	8
Talla de maduración sexual	13
Potencial reproductivo	15
DISCUSIÓN	16
Estructura de población.....	16
Reproducción	16
Potencial reproductivo y gestión pesquera	18
CONCLUSIONES	19
AGRADECIMIENTOS	20
BIBLIOGRAFÍA	20

INTRODUCCIÓN

La coquina (*Donax trunculus*, Linnaeus 1758), es un molusco bivalvo de la familia Donacidae que habita las zonas de intermareal y submareal somero de los fondos arenosos. Suelen encontrarse entre 0 y 6 metros de profundidad en el Atlántico y de 0 a 2 en el Mediterráneo (Gaspar et al., 1999) pero se han llegado a observar a 25 metros de profundidad en Málaga (Tirado et al., 2002). Esta especie se distribuye por las costas del Mar Negro, Mediterráneo y del océano Atlántico desde Senegal hasta Francia (Tebble, 1966).

Al igual que otros miembros de su familia, esta especie es de gran interés para el sector marisquero, en el año 2015 se obtuvieron 723 toneladas de *Donax spp.* (FAO, 2018). En Europa unas 683 toneladas de *Donax spp.* fueron capturadas en el año 2015 (FAO, 2018), correspondiendo la mayoría de éstas a *Donax trunculus* considerando su explotación en Italia, Francia, Portugal y España (da Costa, 2012). Estos mismos datos indican la existencia de una disminución de más del 50% en las capturas desde el año 2005 (cuando fueron registradas 1353 toneladas), con un ligero repunte entre 2013 y 2014.

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA, 2018), las capturas de *Donax spp.* a nivel nacional fueron de unas 115 toneladas en el año 2016. En España también se puede observar la tendencia comentada anteriormente de disminución del recurso debido, entre otros motivos, a la sobreexplotación producida por productores ilegales y turistas (Delgado et al., 2017). Este molusco se captura en las costas del Mediterráneo y el Atlántico español, siendo destacable la actividad de Andalucía y Galicia, aunque las playas andaluzas son mucho más productivas que las de Galicia.

En la comunidad gallega el declive en la producción está muy marcado, pasando de 39.45 toneladas/año de coquina vendidas al año a tan solo 169 kilogramos/año en el período de 1997 a 2017 (Xunta de Galicia, 2018). Además, a día de hoy solo queda como único banco productivo de los 21 que había en toda Galicia (Consellería do Mar, 2018) la playa de Vilarrube (Reserva Marina de Interés Pesquero, Ría de Cedeira, A Coruña), cuya población de *D. trunculus* se estudiará en este trabajo.

En este tipo de situaciones resulta especialmente importante disponer de conocimientos sobre la biología de la especie al nivel más local posible que permitan diseñar una estrategia de gestión sostenible para recuperar y preservar el recurso. En este sentido, los

aspectos relacionados con la biología y el crecimiento son de especial relevancia a la hora de evaluar el estado de los stocks explotados y diseñar la mejor estrategia que permita su recuperación. Algunos de estos aspectos en los cuales profundiza este trabajo son:

- Caracterización la población de coquina en base a su estructura de tallas, cohortes, y proporción sexual.
- Descripción de los estados de desarrollo gonadal.
- Determinación de la talla de madurez sexual de machos y hembras.
- Caracterización del ciclo reproductivo.
- Estimación del potencial reproductivo de la población de coquina.

La mayoría de trabajos realizados centrados en estos aspectos se basan en las poblaciones de coquina de la costa atlántica del sur de la Península Ibérica (Gaspar et al., 1999; Delgado et al., 2017) y de las poblaciones del mar Mediterráneo (Ramón et al,1995; Zeichen et al.,2002; Deval,2009). En estos trabajos previos, se pueden observar diferencias en la reproducción y crecimiento de las diferentes zonas donde se distribuye esta especie. Las coquinas del Atlántico crecen a un ritmo más lento y presentan un período reproductivo menos amplio que las del Mediterráneo (Tirado et al.,2011).

Los estudios realizados en Galicia son escasos, y se centran en la ría del Barquero (Mazé y Laborda, 1988; Mazé y Laborda,1990; Patiño et al.;2003) y no presentan un ciclo reproductivo de la especie. Hasta el momento no se ha publicado ningún estudio sobre el estado de la población del único banco explotable actualmente en Galicia, como es el de la playa de Villarube, perteneciente a la Cofradía de Cedeira. Pero existe información del ciclo reproductivo de la coquina en dicho banco (Louzán,2015) pero no de otros aspectos de la biología reproductiva o del crecimiento, a pesar de la importancia económica del recurso y del descenso en las capturas que, con el mismo esfuerzo de pesca, se viene produciendo en los últimos años.

La reproducción en bivalvos está muy influenciada por el ambiente (Tirado et al, 2002), pudiendo darse diferencias en los períodos reproductivos de una misma población durante diferentes años y entre poblaciones alejadas. Dichos cambios en la dinámica reproductiva pueden producirse tanto a gran escala como a pequeña escala (Hernández-Otero et al.,2014)

En el presente trabajo, se aborda el estudio de la biología reproductiva de la coquina *D. trunculus*, en el banco productivo la playa de Villarube. El objetivo general del estudio es obtener información sobre la biología reproductiva de la coquina de la playa de Villarube que, junto con información complementaria sobre su crecimiento, permita adoptar la mejor estrategia posible de explotación del recurso compatible con su recuperación y sostenibilidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La playa de Vilarrube es una playa semiexpuesta de poca pendiente y orientación Norte situada en la Reserva de Interés Pesquero de Cedeira, en la ría del mismo nombre (Fig. 1). Está flanqueada por el río Loira, al Oeste, y el Forcadas, al Este. En su área intermareal se encuentra el banco marisquero de *D. trunculus*, que se caracteriza por la presencia predominante de una mezcla de sedimentos de arenas finas y gruesas con un tamaño de grano medio de 200 micras (Nombela et al., 2017). Aparecen también zonas de fango a ambos lados del banco, en la desembocadura de los ríos, provocados por el aporte de materia fluvial. Por otra parte, en las desembocaduras y en la zona intermareal superior, se pueden encontrar fondos de cascajo que llegan arrastrados por el oleaje y las mareas.

Muestreo

Los ejemplares analizados en este trabajo fueron obtenidos con una periodicidad mensual desde mayo 2014 a abril 2015 y corresponden una media de 94 puntos de muestreo (rango: 77-106) distribuidos a lo largo del banco de forma aleatoria estratificada, estableciéndose una cuadrícula sobre el banco con tamaños de celda 50x50 m muestreando en cada una de las cuadrículas un punto aleatorio. La distribución temporal del esfuerzo de muestreo se adaptó a las condiciones oceanográficas (altura de marea, oleaje) y a la morfología variable de la playa, generada principalmente por la variación del cauce de los ríos. Cada muestra se tomó mediante una calicata de 30x30x30 cm (anchura, longitud profundidad) y su contenido fue cribado con un tamiz con una luz de malla de 3 mm. Todos los ejemplares recogidos durante el muestreo fueron conservados a -80°C hasta su análisis.

Procesado de muestras en laboratorio

Una vez descongelados los ejemplares, se midió la longitud máxima de la concha (LC). Las mediciones fueron realizadas con un calibre digital (precisión: 0.01 mm), con la excepción de los ejemplares más pequeños (<10 mm) que fueron medidos con análisis de imagen.

Posteriormente se separó una de las valvas cortando los músculos abductores y se separó el manto que cubría las gónadas para el examen de las mismas, con el fin de determinar el estado gonadal de los moluscos, así como el sexo los individuos. Para ello se utilizó un microscopio estereoscópico SMZ1500 con una cámara DXM1200 acoplada con el sistema de análisis de imagen NIS-Elements (Nikon) y se tomaron fotografías de la gónada.

La determinación del sexo se realizó en base al color de la gónada, que en los machos es color crema y presenta pequeños puntos, mientras que en hembras es de color azulado o morado (Gaspar et al., 1999; Tirado et al, 2002). En los ejemplares en los que fue difícil determinar el sexo macroscópicamente se realizaron frotis de la gónada y se examinó la presencia de gametos bajo un microscopio E400 Eclipse.

Las categorías utilizadas para clasificar los estados de desarrollo gonadal se corresponden con las utilizadas por Martínez-Castro y Vázquez (2012) para *Cerastoderma edule* (0: Descanso;1: Inicio de la gametogénesis;2: Gametogénesis avanzada;3: Llena; 4A: Postpuesta; 4B: Recuperación gonadal;5: Reabsorción).

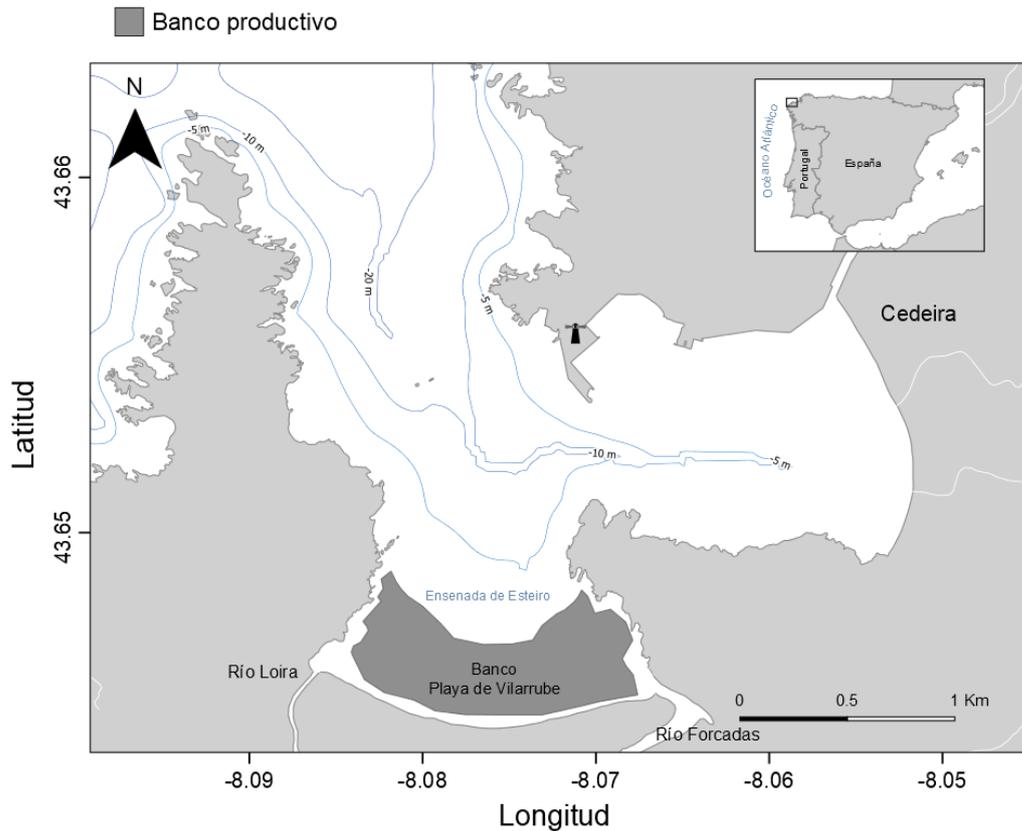


Fig. 1. Localización de la zona de estudio en la Ría de Cedeira. En gris oscuro el banco productivo de la playa de Vilarrube, área de estudio.

Análisis de datos

Se analizó mediante una prueba de Chi-cuadrado si la sex ratio esperada (1:1) se era significativamente igual a la de la población de estudio.

La talla de madurez sexual (L50) fue estimada a partir del ajuste mediante mínimos cuadrados de la siguiente función logística:

$$\text{Freq}_i = A / (1 + e^{(-r * (i - L50))})$$

En este modelo Freq es el porcentaje de individuos maduros en una clase de talla i , A el valor al que se aproxima la asíntota, r representa la tasa de cambio de tamaño desde el estado de inmaduro a maduro, y $L50$ es la talla a la que el 50% de los individuos están maduros.

Se consideraron como inmaduros aquellos ejemplares que durante el periodo reproductivo presentaron gónadas con estados de desarrollo 0 y 1; y maduros, los que presentaron gónadas con estados de desarrollo 2, 3, 4A y 4B.

El potencial reproductivo (PR) fue estimado a partir de la proporción sexual y la talla de madurez sexual de la población y la estructura de tallas. La ecuación de potencial reproductivo empleada fue la siguiente:

$$PR_i = N_i * M_i * R * E_i$$

Dónde N es el número de ejemplares en una clase de talla i, M el porcentaje de individuos maduros en esa misma clase, R el sex ratio como proporción de hembras en la población y E la fecundidad media de la clase de talla i. Para calcular este último valor se empleó la ecuación de fecundidad parcial $No = a * SL^b$ (Delgado y Silva, 2016) que considera No como el número de huevos puestos, SL como la longitud de la concha y a y b como dos constantes dependientes del tipo de oocito considerado. Como estructura de tallas representativa se utilizó la correspondiente al mes de agosto, al ser un mes previo a la temporada de explotación de la coquina (de octubre a abril; Xunta de Galicia, 2018).

El análisis del potencial reproductivo se realizó, tanto para la totalidad de la población sexualmente madura, como para la parte del stock explotable (talla mínima de captura: 35 mm LC; Xunta de Galicia, 2018). Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software estadístico R (R Core Team, 2017).

RESULTADOS

Estructura de tallas y ratio sexual

En el presente estudio fueron muestreados un total de 3121, con un rango de tallas entre los 3.3 mm y 42.5 mm. En general, el porcentaje de ejemplares que superan la talla comercial fue del 6.45%.

Tabla 1: Distribución mensual del número de ejemplares por estado de madurez y sexo

Madurez	2014				2015							
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
Inmaduras	23	46	57	21	3	82	103	71	48	27	24	87
Maduras												
Indeterminadas	1	0	21	105	111	176	168	127	91	18	7	0
Sexo Hembras	140	139	127	103	76	21	17	26	42	19	60	75
Machos	143	131	143	99	66	19	20	27	40	23	75	73
Total	307	316	348	328	256	298	308	251	221	87	166	235

A lo largo del año se pudo identificar una distribución multimodal (Fig. 2), formada por tres diferentes grupos o cohortes de edad. En el mes de octubre se detectó una primera cohorte correspondiente al período reproductivo anual (con una moda de 5.5 mm de LC, rango de tallas: 3.5 mm y 8.5 mm de LC). Desde el mes de noviembre hasta abril, el número de ejemplares disminuyó durante el período de invierno a primavera debido potencialmente a la explotación.

Por lo general, la sex ratio de los ejemplares muestreados no se desvió significativamente de una ratio 1:1 esperada ($\chi^2=23.35$, $gl=1$, $P=0.75$, $N=$). Mensualmente, esta ratio sexual se también mantuvo a lo largo del período estudiado ($\chi^2>0.018$, $gl=1$, $P>0.20$) (Tabla 1).

Durante el intervalo de tiempo de septiembre a enero el porcentaje de ejemplares que no presenta gónada diferenciable, es decir “sexo indeterminado”, es superior al porcentaje de machos y hembras identificados. Octubre, noviembre y diciembre fueron los meses donde la diferencia es más acusada, llegando a registrarse porcentajes de ejemplares con sexo indeterminado superiores al 82% respecto del total.

Desarrollo gonadal

A partir del examen de las gónadas se pudieron establecer hasta siete estados de desarrollo que aparecen representados en la Figura 3. Esta clasificación, se basó en criterios macroscópicos, fundamentalmente coloración, volumen relativo con respecto al resto del cuerpo y presencia de estructuras como folículos.

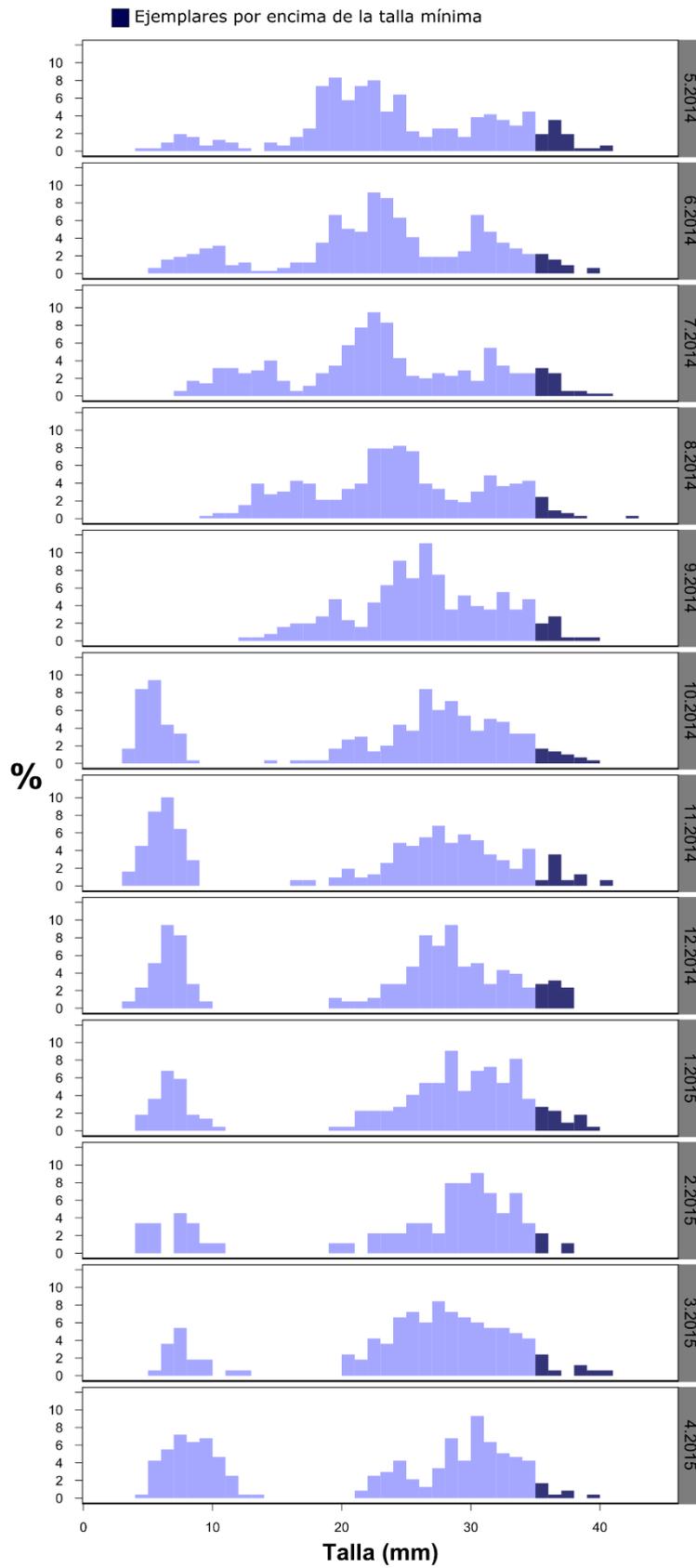


Fig. 2. Distribución y evolución mensual de las estructuras de tallas de *Donax trunculus* (cada 1mm) desde 2.5 hasta 42.5 mm

Estado 0 (Inmadurez/Reposo): Macroscópicamente, gónada es translúcida. Microscópicamente, no se distinguen gametos en su interior. El sexo no es diferenciable.

Estado 1 (Inicio de gametogénesis): Las gónadas comienza el proceso de desarrollo gametogénico. Macroscópicamente comienza a diferenciarse el desarrollo de estructuras foliculares en la gónada, que en las hembras adopta una morfología reticular de color naranja sobre la mayor parte de la gónada, con la excepción de los bordes, mientras que en los machos su desarrollo tiene lugar en torno a la glándula digestiva y es de color blanca. Microscópicamente ya se pueden identificar gametos en las gónadas de algunos ejemplares.

Estado 2 (Gametogénesis avanzada): Macroscópicamente el desarrollo de las estructuras foliculares se extiende por toda la superficie de la gónada y estas comienzan a adquirir una coloración azulada en las hembras y blanca en los machos debido al desarrollo de los gametos. Al final de este estado las gónadas empiezan a aumentar su volumen.

Estado 3 (Gónada llena): La gónada de los ejemplares en este estado está llena y no ha soltado aún gametos. Se alcanza el máximo volumen y ocupación de la vianda (un 25-30% de la misma) en este estado. La coloración de la gónada en machos es de color crema.

Estado 4A (Postpuesta): En los machos las gónadas disminuyen su volumen, aunque en su superficie pueden distinguirse estructuras foliculares dispersas de color blanco. En las hembras, las gónadas mantienen su estructura folicular y presentan una coloración gris azulado. En ambos sexos, en las gónadas pueden distinguirse claramente conductos gonadales por los que son emitidos los gametos hacia el canal principal para su expulsión. Microscópicamente se distinguen gametos desarrollados.

Estado 4B (Recuperación): Las gónadas se preparan para generar una nueva puesta, produciendo nuevos gametos. En este estado en los machos comienzan a distinguirse de nuevo estructuras foliculares separadas por amplios canales gonadales en las gónadas y aumentan de volumen. En las hembras las gónadas vuelven a adquirir poco a poco su coloración azulada previa al desove y en los machos se aprecia un color amarillo oscuro.

Estado 5 (Reabsorción): En este estado tiene lugar una degeneración y reabsorción del tejido gonadal que va acompañada de una pérdida de volumen. Las gónadas adquieren una apariencia difusa que presenta una coloración roja anaranjada en las hembras y

marrón claro en los machos. Microscópicamente solo se encuentran gametos en los ejemplares con un proceso de reabsorción temprano debido al proceso de citólisis que tiene lugar.

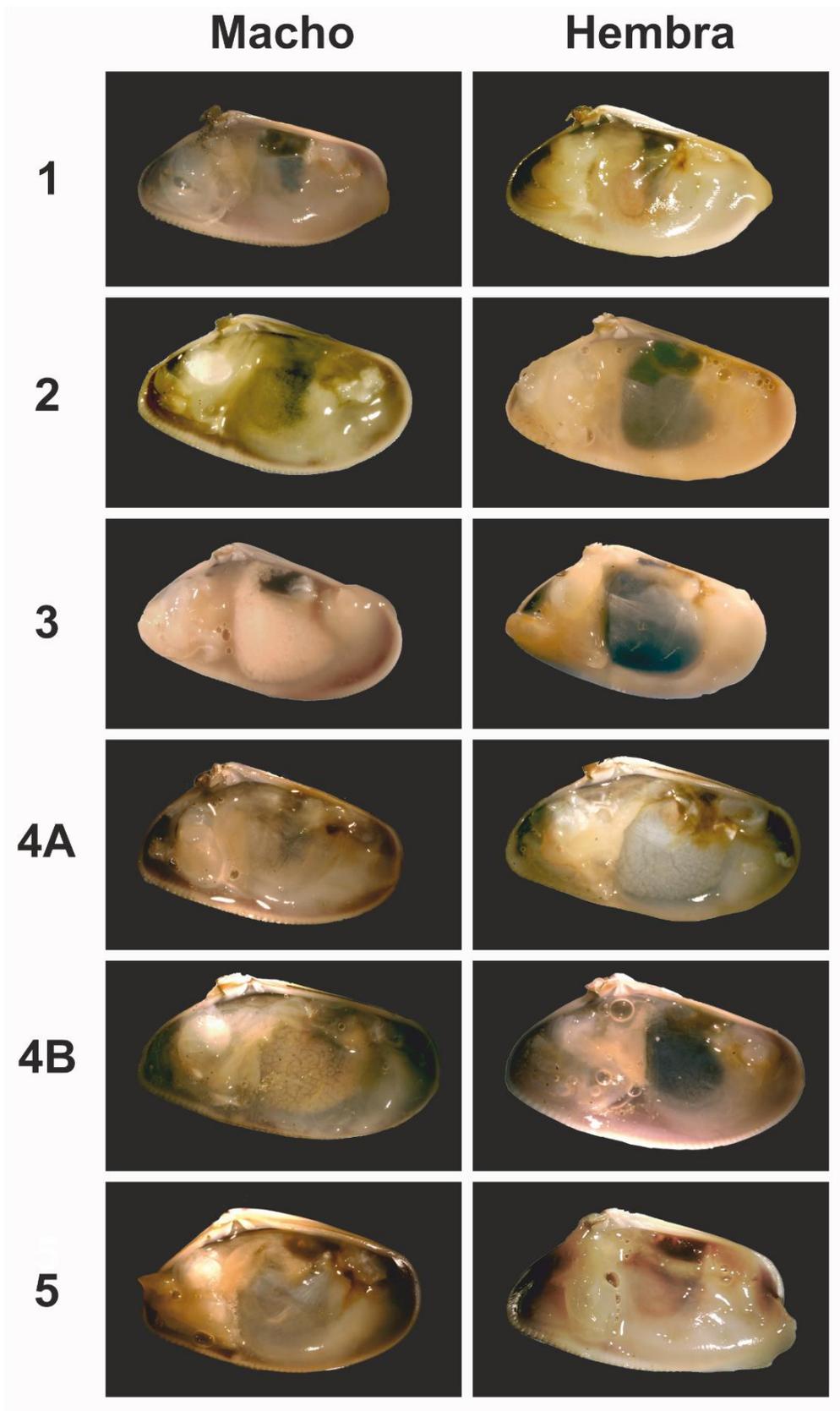


Fig. 3. Fotografías al microscopio estereoscópico de los estados gonadales de *Donax trunculus* desde Inicio (1) hasta Reabsorción (5) y diferencias de estos según el sexo. 1: inicio; 2: avanzado; 3: maduro; 4A: postpuesta; 4B: recuperación; 5: reabsorción.

Talla de maduración sexual

El ejemplar más pequeño con gónada madura encontrado fue un macho de 12.7 mm de LC, mientras que la hembra con gónada madura más pequeña mostró una talla de 13.8 mm LC. Por el ajuste de la función logística a los porcentajes de ejemplares maduros se estimó que la talla de madurez sexual (L50) de la coquina en la Ría de Cedeira es de 14.2 mm para el conjunto de la población ($A=99.86$ $r=1.34$). La talla a la cual el 90 por ciento de la población está madura es de 14.9 mm. Para machos y hembras las estimas de L50 fueron de 14.5 mm y 14.6 mm respectivamente (Machos: $A=99.53$ $r=7.25$; Hembras: $A=100$ $r=1.32$).

Teniendo en cuenta las estimas anteriores, al alcanzar la talla mínima de captura (35 mm), todos los individuos de la zona estarían maduros tal y como se puede apreciar en la Figura 4.

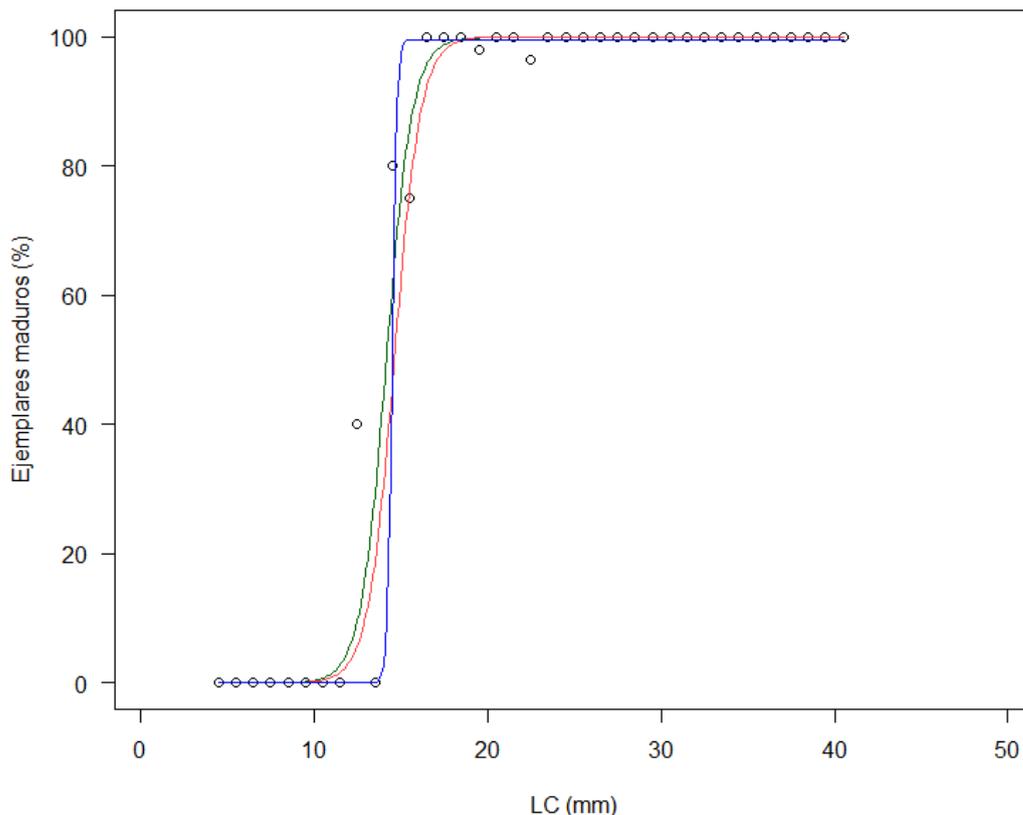


Fig. 4. Talla de maduración de los ejemplares de *Donax trunculus*. Las curvas representan la función logística ajustada a la proporción de todos ejemplares maduros (verde), de los machos (azul) y de las hembras (marrón). Los círculos indican la proporción de ejemplares maduros.

Ciclo reproductivo

En general, la gametogénesis comienza diciembre, pero no es hasta febrero cuando la mayor parte de los ejemplares (68%) están en estado 1, continúa en marzo (estado 2) y alcanza su máximo nivel de desarrollo en abril como indica el elevado porcentaje de ejemplares con gónadas llenas (79%, estado 3) (Fig. 5). Los primeros desoves tienen lugar en mayo como indica la presencia de ejemplares (13%) con gónadas en estado de postpuesta (estado 4A) y los primeros ejemplares con gónadas recuperándose (19%, estado 4B) tras una puesta anterior para efectuar un nuevo desove. A continuación, tienen lugar varios episodios de desoves que se extienden hasta el mes de agosto como indica la presencia durante estos meses de ejemplares con gónadas llenas, en estado de postpuesta y recuperación. No obstante, durante julio y agosto estos episodios son de menor intensidad como indican los bajos porcentajes de ejemplares con gónadas llenas observados durante estos meses (<22%).

Entre agosto y septiembre los ejemplares se preparan para un descanso gonadal, dado que un 49% de los ejemplares presentan gónadas en estado de reabsorción (estado 5) y un 25% con gónada en reposo (estado 0). Desde octubre a diciembre casi la totalidad de los ejemplares muestreados (81 %) se encuentran en un estado de descanso gonadal (estado 0) a la espera de que un nuevo ciclo gametogénico empiece.

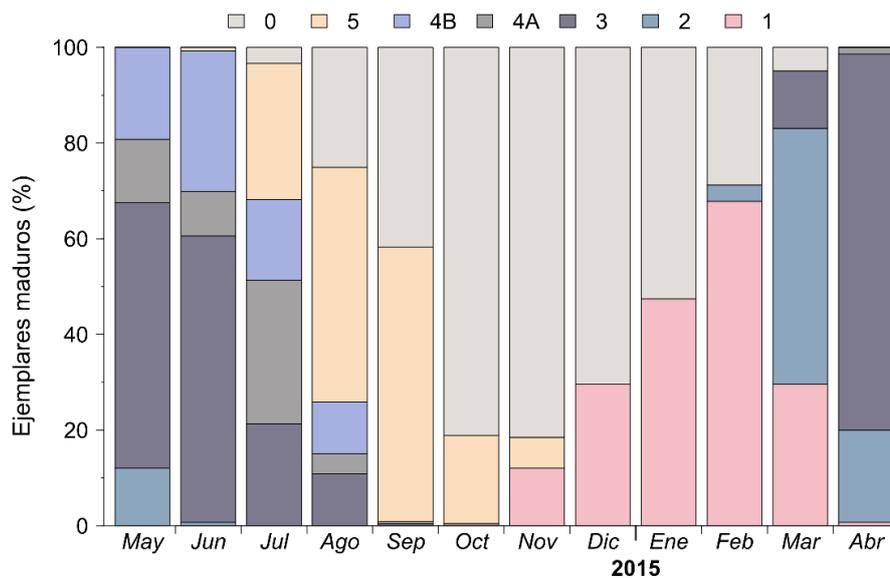


Fig. 5. Ciclo reproductivo de *Donax trunculus*. Los códigos de los estados de desarrollo gonadal indican: 0, reposo; 1, inicio de la gametogénesis; 2, gametogénesis avanzada; 3, gónada llena; 4A, postpuesta; 4B, recuperación; y 5, reabsorción gonadal

Potencial reproductivo

A lo largo de la distribución de frecuencias de tallas de la población de estudio se puede observar una gran variación en su aporte reproductivo (Fig. 6). Los individuos más pequeños (entre 13.5 y 21.5 mm) apenas contribuyen un 3.7 % del potencial reproductivo de la población de estudio. El aporte reproductivo a partir de los 21.5 mm LC se hace cada vez mayor, lo que se debe fundamentalmente al incremento de fecundidad con el aumento del tamaño del individuo.

Las clases de talla que mayor potencial reproductivo tienen son aquellas que se encuentran entre los 30.5 y 35.5 mm de LC que acumulan un 58.6% del potencial reproductivo. Incluido en este rango está la clase de 34.5 mm que alcanzó el valor de potencial reproductivo más alto (14%).

Teniendo en cuenta la talla mínima comercial de esta especie, sólo se perdería un 16.81% del potencial reproductivo total si se capturasen todos los ejemplares de mayor tamaño a la talla mínima.

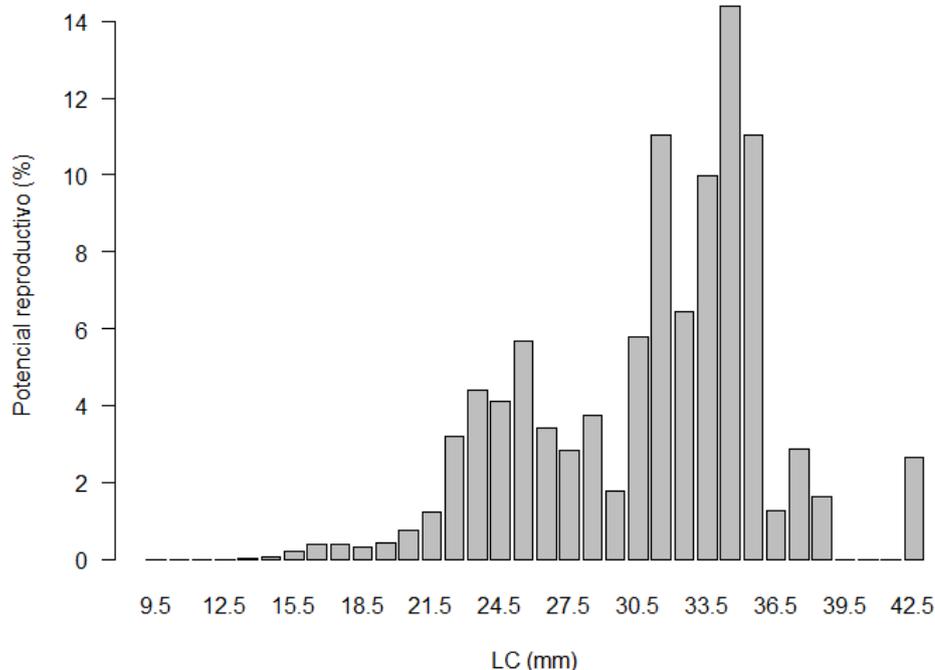


Fig. 6. Porcentaje de potencial reproductivo de las diferentes clases de talla en base a la estructura de tallas correspondiente al mes de agosto.

DISCUSIÓN

Estructura de población

Tanto en la Ría de Cedeira (este estudio) como en la Ría del Barquero (Mazé y Laborda, 1988) se puede apreciar una dinámica poblacional similar, con unas tres cohortes diferenciadas de adultos y una nueva cohorte de reclutas que a principios de otoño. Por otro lado, hay diferencias importantes en la estructura de población con los bancos productivos del sur, como Doñana (Delgado et al., 2017). Si bien el rango de tallas es similar en ambas localizaciones (Doñana: 3.0-44.8 mm; Villarrube: 3.3-42.5), en Doñana sólo una parte muy pequeña de la población supera los 30 mm. Además, en esta zona se aprecian dos períodos anuales de reclutas, una que se asienta al principio de la primavera y otra que aparece a mediados de verano, a diferencia de la Ría de Cedeira donde sólo aparece una a principios de otoño.

En esta especie, la sex ratio es normalmente de 1:1 habiendo ligeras variaciones de este número a lo largo del año como se ha visto en los resultados obtenidos. Este fenómeno también se ha podido observar en otros emplazamientos estudiados (Tirado et al, 2002; Gaspar et al, 1999) y es una característica que se da en la mayoría de bivalvos (Gosling y Wiley, 2015).

Reproducción

Se pudieron establecer para *D. trunculus* hasta siete estados de desarrollo gonadal, un número de estados similar al obtenido en otras especies de bivalvos (Darriba et al., 2004; Martínez-Castro y Vázquez, 2012). No obstante, estudios previos realizados en *D. trunculus* mediante cortes histológicos sólo tienen en cuenta seis estados al agrupar los estados 4A (postpuesta) y 4B (recuperación) en un único estado 4 (Gaspar et al., 1999; Louzán, 2015). Si se compara el ciclo reproductivo descrito por Louzán (2015) en la misma área de estudio con el determinado en el presente estudio, se observa que ambos comparten un mismo patrón general, con algunas pequeñas discrepancias que pueden ser atribuidas a factores ambientales y metodológicos (p.ej.: diferente rango de tallas y tamaño muestral). Estos resultados dan validez al examen macroscópico como una herramienta adecuada para el objetivo de este estudio, que es determinar período reproductivo (p.ej.: episodios de desove, período de descanso gonadal).

El ciclo reproductivo determinado en la playa de Vilarrube concuerda más con el patrón general observado en otros estudios realizados en el Mar Mediterráneo, como en el Mar Adriático (Zeichen et al, 2002) y en el Mar de Mármara (Deval, 2009), en el que se identifica un período principal de desove en los meses de primavera (abril-junio), y otro de descanso gonadal que ocupa el otoño (septiembre-octubre); que con el encontrado en áreas de la costa atlántica como Doñana (Tirado et al, 2003) y Faro (Gaspar et al., 1999). En estas zonas el período reproductivo es más amplio, llegándose a apreciar varios episodios de desove que se extienden durante los meses de verano, cuando en otras zonas la actividad reproductiva comienza a descender, como sucede caso en la región estudio.

Este corto período de reproducción estimado en la playa Vilarrube explica la presencia de una única cohorte anual de reclutamiento frente a la ya mencionada incorporación de dos períodos cohortes de reclutas anuales al sur de la Península Ibérica (Delgado et al., 2012). Considerando los datos de este estudio y modelos de Louzán (2015) sobre crecimiento larvario (1 mes) y de juveniles (tasa 0.04 mm/día), un huevo resultado del primer desove del año precisaría desde su fecundación cuatro meses para alcanzar las tallas de la primera cohorte, detectándose así el reclutamiento en septiembre. Dichos modelos consideran que el desarrollo larvario dura un mes. Aunque posiblemente en el medio natural dure más, pues la temperatura del agua de la Ría Cedeira es más baja que la del cultivo y Ruíz-Azcona et al. (1996) ya demostraron que el crecimiento larvario y la supervivencia es menor a 17°C que a 20°C, lo cual explicaría este desfase con respecto a la aparición de reclutas en este trabajo durante el mes de octubre.

La talla de madurez de *Donax trunculus* en el banco de Vilarrube no difiere mucho de las observaciones realizadas en las costas atlánticas. En zonas próximas como la Ría del Barquero, Patiño et al. (2003) observaron que los individuos más pequeños con gónada desarrollada también medían sobre 12 mm. Al sur de la Península Ibérica, Gaspar et al. (1999) señala que todos los ejemplares de entre 13 y 20 mm presentan gónadas diferenciables macroscópicamente. Sin embargo, la talla de madurez (L50=14.2) estimada en este estudio es inferior a la estimada en la playa del Barquero por Patiño et al. (2003) (L50=28 mm). Siendo esta última además muy superior al resto de estimas de talla de madurez disponibles en bibliografía (Zeichen et al.,2002; Deval,2009), por lo que este resultado debería ser revisado.

Respecto a las poblaciones del Mediterráneo la talla de madurez es notablemente menor en el Atlántico, incluyendo en Galicia. Mientras que en zonas mediterráneas como el mar

Adriático (Zeichen et al., 2002) o el mar de Mármara (Deval, 2009) estos bivalvos alcanzan la madurez entre los 18-19 mm, la población de este estudio lo hizo a los 14 mm. Esto puede deberse a la diferencia en el ritmo de crecimiento entre las poblaciones atlánticas y las del Mediterráneo a causa de la menor temperatura que ralentiza el desarrollo en las primeras (Ramón et al., 1995) dado que se trata de una especie ectoterma.

Basándose en los datos obtenidos sobre la talla de madurez sexual, se puede decir que la talla mínima de comercialización de estos bivalvos es suficientemente conservativa como para favorecer la sostenibilidad de la población. Además, esta talla permite que todos los individuos que alcanzan la madurez sexual se puedan reproducir al menos una vez, lo cual es importante para el mantenimiento del bagaje genético. Sin embargo, habría que ser cautelosos y no tomar la talla de maduración como único criterio a la hora de establecer un límite de captura.

Potencial reproductivo y gestión pesquera

El potencial reproductivo supone un valor más fiable para delimitar que parte de la población puede capturarse, puesto que tiene en cuenta los huevos producidos por un individuo de un tamaño determinado y la cantidad de coquinas de cada clase de talla en la población, es decir, considera la carga reproductiva de una clase de talla. En este estudio se ha podido comprobar que clases de tallas como las de 30.5 a 34.5 pueden producir muchos más huevos que clases de talla con mayor fecundidad pero menor representación como pueden ser las clases de las tallas mayores de 36.5. En este caso, la talla mínima comercial establecida se adecua a las necesidades de la población, puesto que se puede salvaguardar un 80% de la producción de huevos en caso de que el resto de la población se explotase en su totalidad. Sin embargo, una pequeña disminución de la talla mínima podría provocar severas disminuciones del potencial reproductivo. Por ejemplo, una disminución de tan sólo 2 mm causaría un aumento del potencial perdido del 25% por lo que se podría mantener intacto apenas un 56% del potencial reproductivo.

No obstante, como ya se ha visto anteriormente, existe una variación considerable entre aspectos de la biología de la coquina (crecimiento, talla de maduración sexual...) en su rango de distribución como consecuencia de factores externos. Debido a esta gran dependencia de las coquinas de procesos exógenos como temperatura o la alimentación (Gosling y Wiley, 2015), puede haber eventos estocásticos que mermen a la población o

a su capacidad de reproducción (e incluso contaminantes que afecten al período reproductivo indirectamente (Tlili et al.,2011)). Un año más frío de lo normal puede no sólo suponer un crecimiento más lento o un período de reproducción más corto, sino que la sinergia de ambos podría provocar una disminución aún mayor del potencial reproductivo al tener más ejemplares de pequeño tamaño con menos tiempo disponible para el desarrollo de la gónada y la liberación de gametos.

Además de esto, hay que tener en cuenta que el valor de huevos producidos se calculó mediante una ecuación de fecundidad obtenida en otra área de estudio y con un rango de tallas bastante menor (Delgado y Silva,2016), por lo que el valor del potencial reproductivo calculado es una aproximación.

El plan de explotación de la coquina en el área de estudio establece un período de veda de mayo a septiembre (Xunta de Galicia,2018) para esta especie. Con el objetivo de proteger la reproducción dicha medida respeta casi todo su período reproductivo (de abril a junio), con la excepción del mes de abril, que se caracteriza por la presencia de un gran número de ejemplares a punto de desovar (estado 3), por lo que se podría plantear incluir este mes en la época de veda.

Otro aspecto de interés que se podría estudiar es el crecimiento de *D. trunculus*, el cual es destacable ya que nos permitiría estimar el tiempo necesario para la incorporación de nuevos individuos de diferentes tamaños a la parte reproductora de la población y al stock comercial. Además, permitiría caracterizar los cambios que se producen en la fecundidad de las diferentes clases de talla y, por tanto, en su potencial reproductivo.

CONCLUSIONES

La observación macroscópica de la gónada para determinar su estado de desarrollo es adecuada para el estudio del ciclo reproductivo de *D. trunculus*, ya que permitió analizar un número de ejemplares sensiblemente mayor que con otras metodologías, y con mayor rapidez.

La talla mínima de captura se adecua a la talla de maduración sexual estimada en este estudio, ya que permite que sólo se elimine una parte pequeña del potencial reproductivo de todo el banco.

El período de veda actual establecido por la administración autonómica es adecuado para favorecer la explotación sostenible del recurso, al no producirse explotación durante la mayor parte de la época de reproducción (abril a junio), aunque la inclusión del mes de abril podría salvaguardar un mayor porcentaje de potencial reproductivo ya que podrán producirse variaciones interanuales en el periodo de desove.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera hacer una mención a Patricia Verísimo por su gran ayuda a la hora del procesar muestras.

BIBLIOGRAFÍA

Consellería do Mar. Intecmar. Consultado el 8 de febrero de 2018,
ww3.intecmar.gal/plancamgal/

Da Costa, F. (2012). *Clam fisheries and aquaculture*. New York: Nova Science Publishers.

Darriba, S., San Juan, F., & Guerra, A. (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(1), 101–115.

Delgado, M., & Silva, L. (2016). Timing variations and effects of size on the reproductive output of the wedge clam *Donax trunculus* (L. 1758) in the littoral of Huelva (SW Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1–10.

Delgado, M., Silva, L., Gómez, S., Masferrer, E., Cojan, M., & Gaspar, M. B. (2017). Population and production parameters of the wedge clam *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) in intertidal areas on the southwest Spanish coast: Considerations in relation to protected areas. *Fisheries Research*, 193, 232–241.

Deval, M. C. (2009). Growth and reproduction of the wedge clam (*Donax trunculus*) in the Sea of Marmara, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 25, 551–558.

- FAO. Global capture production. Consultado el 8 de febrero de 2018, www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/query/en
- Gaspar, M. B., Ferreira, R., & Monteiro, C. C. (1999). Growth and reproductive cycle of *Donax trunculus* L., (Mollusca: Bivalvia) off Faro, southern Portugal. *Fisheries Research*, 41, 309–316.
- Gosling, E., & Wiley, J. (2015). *Marine Bivalve Molluscs* (John Wiley). Oxford: Wiley Blackwell.
- Hernández-Otero, A., Martínez-Castro, C., Vázquez, E., & Macho, G. (2014). Reproductive cycle of *Ensis magnus* in the Ría de Pontevedra (NW Spain): Spatial variability and fisheries management implications. *Journal of Sea Research*, 91, 45–57.
- Louzán, A. (2015). *Desarrollo del cultivo integral de la coquina Donax trunculus (Linnaeus, 1758). Ciclo reproductivo, cultivo en criadero y en el medio natural*. Universidad de Santiago de Compostela.
- MAPAMA. Estadísticas pesqueras: Estadística de Capturas y Desembarcos de Pesca Marítima. Consultado el 8 de febrero de 2018 <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-pesqueras/pesca-maritima/estadistica-capturas-desembarcos/>
- Martínez-Castro, C., & Vázquez, E. (2012). Reproductive Cycle of the Cockle *Cerastoderma edule* (Linnaeus 1758) in the Ría De Vigo (Galicia, Northwest Spain). *Journal of Shellfish Research*, 31(3), 757–767.
- Mazé, R., & Laborda, A. (1988). Aspectos de la dinámica de población de *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758)(Bivalvia:Donacidae) en la ría de El Barquero (Lugo, NO España). *Inv Pesq*, 52(3), 299–312.
- Mazé, R., & Laborda, A. (1990). Cambios estacionales de una población de *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758)(Pelecypoda: Donacidae) en la ría de El Barquero (Lugo, NO. de España). *SCIENT. MAR*, 54(2), 131–138.

- Nombela, M. Á., Diz, P., Couto, E. N., & Martínez, G. (2017). Textural characteristics might influence *Donax trunculus* shellfishing banks exploitability. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 33(2), 87–93.
- Patiño, M., Vázquez, N., Martínez, O., & Moscoso, R. (2003). Talla de primera maduración sexual de la coquina, *Donax trunculus* (Linné, 1758) en un banco natural de la ría del barquero (no galicia). *IX Congreso Nacional de Acuicultura - Libro de Resúmenes* (pp. 309–311).
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramón, M., Abelló, P., & Richardson, C. A. (1995). Population structure and growth of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the western Mediterranean. *Marine Biology*.
- Ruiz-Azcona, P., Rodriguez-Sierra, R., & Martin, J. B. (1996). Culture of coquina clam, *Donax trunculus*, larvae. *Aquaculture*, 139, 151–155.
- Tebble N.(1966). *British bivalve seashells: a handbook for identification*. British Museum (Natural History). Alden Press, Oxford, pp. 212.
- Tirado, C., Rodriguez De La Rúa, A., Bruzón, M. Á., Lopez, J. I., Salas, C., & Marquéz, I. (2002). *La reproducción de bivalvos de interes pesquero en Andalucía* (Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca). Huelva: Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- Tirado, C., Rueda, J. L., & Salas, C. (2011). Reproduction of *Donax trunculus* in the littoral of Huelva (southern Atlantic Spain): is there any difference with the Mediterranean population from the Andalusian coast?. *Iberus*, 29.
- Tlili, S., Métais, I., Ayache, N., Boussetta, H., & Mouneyrac, C. (2011). Is the reproduction of *Donax trunculus* affected by their sites of origin contrasted by their level of contamination? *Chemosphere*, 84, 1362–1370.
- Xunta de Galicia.. Plataforma tecnológica de pesca. Consultado el 8 de febrero de 2018, www.pescadegalicia.gal

Zeichen, M. M., Agnesi, S., Mariani, A., Maccaroni, A., & Ardizzone, G. D. (2002).
Biology and Population Dynamics of *Donax trunculus* L. (Bivalvia: Donacidae) in
the South Adriatic Coast (Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54, 971–
982.