



Estudio de la capacidad de fecundación y la viabilidad de las puestas en la centolla, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922), en función del tamaño relativo macho/hembra



Víctor Blanco Andrés
Trabajo Fin de Grado
Grado en Biología



Resumen

Este trabajo analiza la posible relación de capacidad de la fecundación y la viabilidad de las puestas de huevos en *Maja brachydactyla* con el tamaño de sus respectivos progenitores. Esta es una especie con un notable valor económico y social en Galicia. Según la legislación autonómica gallega, actualmente está prohibido pescar hembras ovadas. Esto podría afectar al potencial reproductivo de las poblaciones. Se plantearon 24 apareamientos, de los que 18 fueron exitosos. En estos apareamientos, no se ha observado relación entre la capacidad de fecundación y el tamaño relativo de los progenitores. Sin embargo, cada vez que se ha producido cópula entre dos individuos la capacidad de fecundación siempre ha sido mayor de 0.75. La viabilidad, que ha presentado unos valores mucho más variables, tampoco se encuentra relacionada con el tamaño relativo de los progenitores.

Abstract

This work analyzes the possible connection of the fecundation ability and egg viability with the progenitors' size on the specie *Maja Brachydactyla*. This specie has a remarkable economic and social value in Galicia. According to the autonomic legislation, nowadays fishing females with eggs is forbidden. This fact could change the reproductive potential of the populations. 24 matings were planned and 18 were successful. In these matings, the connection between the fecundation ability and progenitors relative size hasn't been observed. However, every time a mating has been successful, the fecundation ability always has been more than 0.75. The viability, which has values more variable, isn't related either with progenitors' size.

Resumo

Este traballo analiza a posible relación da capacidade de fecundación e a viabilidade das postas de ovos en *Maja brachydactylaco* tamaño dos seus respectivos proxenitores. Esta é unha especie cun notable valor económico e social en Galicia. Segundo a lexislación autonómica galega, actualmente está prohibido pescar femias ovadas. Isto podería afectar ao potencial reprodutor das poboacións. Plantexáronse 24 apareamentos, dos cales 18 foron exitosos. Nestos apareamentos, non se observou relación entre a capacidade de fecundación e o tamaño relativo dos proxenitores. Porén, cada vez que se produciu unha cópula entre dous individuos a capacidade de fecundación sempre foi maior de 0.75. A viabilidade, que presentou valores moito máis variables, tampouco está relacionada co tamaño relativo dos proxenitores.



Índice

| | |
|---|-----------|
| Resumen | 2 |
| Introducción | 4 |
| Objetivos | 7 |
| Metodología | 8 |
| Pérdida de huevos durante el desarrollo | 8 |
| Recogida de larvas..... | 11 |
| Análisis de datos..... | 13 |
| Resultados | 14 |
| Fecundidad | 15 |
| Capacidad de fecundación..... | 16 |
| Viabilidad..... | 17 |
| Discusión | 20 |
| Bibliografía | 22 |



Introducción

Maja brachydactyla es un crustáceo decápodo marino de grandes dimensiones (hasta 230 cm de longitud de caparazón) de la familia Majidae (cangrejos araña). Presenta un marcado dimorfismo sexual. Las hembras presentan un abdomen redondo y ancho, mientras que de los machos es más estrecho y alargado, y sus quelípedos son más grandes.

Anteriormente, *M. brachydactyla* se clasificaba dentro de la especie *Maja squinado* (Herbst, 1788). Sin embargo, Neuman (1998) observó diferencias morfológicas entre las poblaciones de Atlántico Nordeste (*M. brachydactyla* (Balss, 1922)) y del Mediterráneo (*M. squinado*), lo que conllevó al establecimiento de las dos especies diferentes. Se verificó mediante pruebas a nivel molecular (Sotelo *et al.*, 2008). Debido a esto, en muchos trabajos anteriores se la denomina *M. squinado*.

Su distribución actual comprende desde las Islas Británicas hasta Senegal, pasando por las Azores, Madeira, las Islas Canarias y Cabo verde (Fig.1). Suele vivir en fondos rocoso-arenosos, desde el submareal hasta profundidades de 50-100 m.

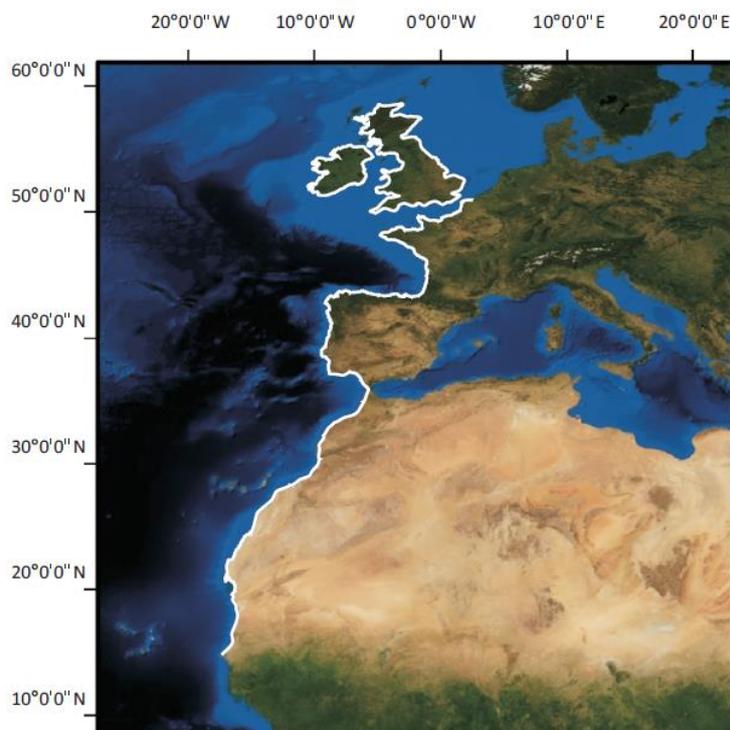


Fig.1. Distribución geográfica de *M. brachydactyla* (Udekem d' Acoz, 1999; Sotelo *et al.*, 2009).



Los crustáceos decápodos presentan ciclos vitales complejos con fases larvas planctónicas y fases postlarvianas bentónicas, por lo que su distribución y dinámica poblacional están relacionadas tanto con procesos de dispersión larvaria, como con la selección de hábitat mediada por movimientos y migraciones en estados postlarvianos (Pardieck *et al.*, 1999; Pascual *et al.*, 2001).

El ciclo vital de *M. brachydactyla* se compone de tres fases: larvaria, juvenil y adulta o reproductiva. La primera de ellas dura 2 o 3 semanas (Iglesias *et al.*, 2002; Lebour, 1927, 1928; Schlegel, 1911) y tiene dos estados: zoea y megalopa. La fase juvenil comienza tras el asentamiento bentónico del primer estadio postlarviano, que se da desde finales de primavera hasta el otoño. Estos juveniles habitan fondos rocoso-arenosos y realizan movimientos más limitados que los adultos. Tras 2 o 3 años, según el momento del asentamiento larviano (Le Foll, 1993; Meyer, 1993), comienza la fase adulta donde se alcanza la madurez sexual después de la muda terminal en primavera y verano (Sampedro *et al.*, 2003). En ésta se producen cambios morfológicos y de tamaño en los quelípedos de los machos y en el abdomen de las hembras (Sampedro *et al.*, 1999). Los adultos viven de dos a tres años (Corgos, 2004).

La fecundación es interna, mediante cópula y se produce cuando el macho y la hembra tienen el caparazón duro. Las hembras con puesta se pueden aparear y sin cortejo previo a la cópula ni guarda pre- o post-copulatoria (González-Gurriarán *et al.*, 1993, 1998; Corgos, 2004). Las puestas se producen de enero a noviembre y la incubación oscila entre 30 y 74 días según la temperatura del agua (Brosnan, 1981; Kergariou, 1975, 1984; González-Gurriarán *et al.*, 1998; Iglesias *et al.*, 2002; Rodhouse, 1984).

En Galicia el número estimado de puestas que puede realizar una hembra en cada ciclo evolutivo anual es de tres, llegando aproximadamente a 500.000 huevos por puesta en hembras de gran tamaño.

Cada hembra es capaz de fecundar varias puestas sucesivas sin cópula debido a la existencia de espermatecas en las que almacenan el esperma en forma de espermatozoides. Por tanto, es posible la paternidad múltiple ya que las hembras poseen el potencial de usar esperma de diferentes machos a la vez (González-Gurriarán *et al.*, 1993).

A pesar de los estudios realizados, y del alto potencial reproductivo de esta especie, la alta intensidad de la pesca (provocada por su alto valor socioeconómico) y el



desconocimiento del tamaño de sus stocks han provocado el descenso de sus poblaciones en Galicia.

La regulación de la pesca en Galicia, en estos momentos, no permite capturar hembras ovadas, y por tanto, dado que hay hembras ovadas la mayor parte del año, la pesca se centra en los machos, siendo los más grandes los más vulnerables ya que son menos abundantes. La legislación autonómica gallega establece la talla mínima de pesca en 120mm de longitud de caparazón. Esto podría desequilibrar el sex-ratio y modificar la estructura de la población natural de centolla, teniendo su consecuente efecto en la actividad pesquera.

En relación con lo anterior, partimos de la hipótesis de que el tamaño relativo hembra/macho puede condicionar el éxito de la cópula y la fecundación total de la puesta de huevos, afectando de este modo al potencial reproductivo de las poblaciones y, como consecuencia, al tamaño de las mismas.

Por otra parte, nos proponemos testar si, como sucede en otras especies de crustáceos, el tamaño relativo de machos y hembras, y el tamaño materno, independientemente de lo anterior, influye en la calidad de las puestas y su nivel de viabilidad, afectando asimismo al tamaño poblacional.



Objetivos

- Testar la influencia del tamaño relativo de las hembras y los machos en la probabilidad de éxito en la cópula.
- Determinar proporción de huevos fecundados y no fecundados en puestas de hembras cruzadas en cautividad con machos de tamaño conocido, calculando así el índice de fecundidad en función del tamaño de los progenitores.
- Determinar el peso de la muestra viable y no viable en *M.brachydactyla* a partir de las larvas eclosionadas y los huevos perdidos durante el desarrollo de la puesta.



Metodología

Se han realizado apareamientos en cautividad de hembras vírgenes o con las espermatecas vacías con machos de diferente talla:

- 4 machos pequeños (caparazón menor de 135 mm)
 - ✓ 4 hembras pequeñas (< 135 mm)
 - ✓ 4 hembras medianas (145-155 mm)
 - ✓ 4 hembras grandes (>165 mm)
- 4 machos grandes (caparazón mayor de 165 mm)
 - ✓ 4 hembras pequeñas (< 135 mm)
 - ✓ 4 hembras medianas (145-155 mm)
 - ✓ 4 hembras grandes (>165 mm)

Para verificar que ha existido cópula, se realizaron grabaciones de los apareamientos durante 24 horas que fueron posteriormente visualizadas.

Las hembras que realizaron la cópula con éxito fueron aisladas en tanques individuales. La temperatura de cultivo fue de 17°C y se las alimentó cada 2 días con mejillones frescos. El trabajo se dividió en dos partes: pérdida de huevos durante el desarrollo y recogida de larvas.

Pérdida de huevos durante el desarrollo

Se controló la pérdida de huevos de cada hembra diariamente mediante la observación de los restos del fondo de cada tanque. El primer día que se encontraron huevos en el fondo se consideró el día de desove de la puesta (día 0). El día que las larvas eclosionaron la hembra fue devuelta al tanque de mantenimiento.

Toma de muestras, tratamiento y conservación

A partir del desove (día 0), las muestras de huevos se recogieron diariamente a lo largo de del desarrollo de la puesta de la hembra. Se siguió el siguiente protocolo para recoger la pérdida de huevos:

- ✓ Se sifonaba el fondo del tanque y se recogía la muestra de huevos mediante un tamiz (luz de malla 335 micras). Este tamiz se lavaba en agua salada para separar la muestra de los restos de alimentos y deposiciones. Después se lavaba en amonio formiato para eliminar las sales de la superficie de los huevos.
- ✓ La muestra se pasaba del tamiz a un eppendorf etiquetado (código de la hembra + PH (Pérdida Huevos) + día de la recogida + fecha; ej. 512N_PH_D35 07/04/17).



Se añadía Bouin al eppendorf para teñir la muestra permitiendo así que se pudiera ver las estructuras del embrión en desarrollo de forma rápida, diferenciando fácilmente los huevos que están fecundados de los que no.

- ✓ Las muestras de gran tamaño se dividían en 2 partes: una se guardaba en Bouin y la otra se introducía en seco en otro bote, que posteriormente se congelaría y liofilizaría. De esta manera sólo se analizaba la muestra en Bouin contando el número huevos fecundados y no fecundados. Después, esta proporción se extrapolaba a toda la muestra. En el caso de la muestra congelada, se hallaba el número de huevos total midiendo el peso de la muestra ya que el peso seco de un huevo era conocido previamente.
- ✓ Las muestras se almacenaban hasta su revisión bajo una lupa binocular.

Procesado de las muestras: recuento, estado de desarrollo, liofilización y pesado

Se seguía el siguiente protocolo:

Muestras en Bouin

- ✓ Se colocaba en una placa de metacrilato una submuestra de huevos teñidos por Bouin (30-70 huevos). Se observaban bajo una lupa binocular acoplada a un sistema de análisis de imágenes. En este caso se utilizaba el sistema NIS de Nikkon y se determinaba si cada huevo estaba fecundado o no.
- ✓ Se sacaba una foto a la submuestra revisada para que hubiera varios ejemplos de huevos fecundados y no fecundados.
- ✓ El resto de huevos se colocaban sobre un serpentín de metacrilato y se contaban bajo una lupa binocular. La muestra se devolvía al eppendorf.

Muestras congeladas

- ✓ Se liofilizaban para eliminar el agua de las muestras.
- ✓ Se pesaban los huevos liofilizados.
- ✓ Se estimaba el número de huevos a partir del peso por huevo individual obtenido en otra parte del trabajo.

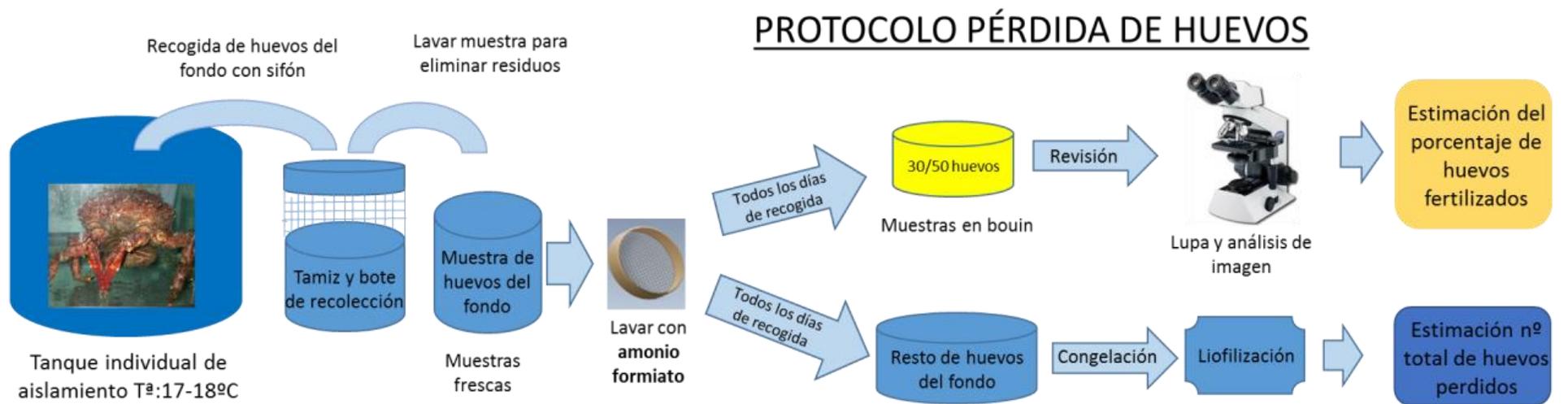


Fig.2. Esquema del protocolo seguido para la recogida de muestras de pérdida de huevos.



Recogida de larvas

El día en que eclosionaban los huevos se recolectaban las larvas vivas y muertas del tanque según el siguiente protocolo:

Larvas vivas

- ✓ Se sifonaba el tanque con ayuda de una linterna para que las larvas vivas subieran a la parte superior (presentan fototropismo positivo), permitiendo una mejor separación de las larvas muertas que estaban en el fondo.
- ✓ Se colocaban sobre un tamiz (luz de malla de 335 micras) la muestra de larvas vivas y se sumergía el tamiz en agua destilada para eliminar las sales presentes en las larvas. A continuación se introducían en un bote (Código de etiquetado: Código de la hembra + AL1 (Alive larvas); ejemplo: 5I2N_AL1) que se congelaría para su posterior liofilización.
- ✓ Se estimaba la fecundidad efectiva (número de larvas eclosionadas) a partir del peso seco por larva obtenido previamente.

Larvas muertas

- ✓ Se sifonaba el fondo del tanque y se recogía la muestra de larvas muertas mediante un tamiz (luz de malla de 335 micras).
- ✓ Se sumergía el tamiz con las larvas muertas en agua de mar y se procedía a la limpieza de la muestra recolectada eliminando los restos de sedas y huevos sin eclosionar. Se volvía a sumergir el tamiz con las larvas pero esta vez en agua destilada para eliminar las sales presentes en las larvas.
- ✓ Se introducía la muestra de larvas muertas en un bote (Código de etiquetado: Código de la hembra + LM1 (Larvas Muertas); ejemplo: 5I2N_LM1) que se congelaría para su posterior liofilización.
- ✓ Se estimaba las larvas no viables (número de larvas muertas) a partir del peso seco por larva obtenido previamente.

Esta segunda parte del trabajo permitiría estimar la fecundidad efectiva (número de larvas viables eclosionadas) en función de la talla de sus progenitores y el porcentaje de larvas que no sobrevivían a la eclosión.

PROTOCOLO RECOGIDA DE LARVAS VIVAS Y MUERTAS

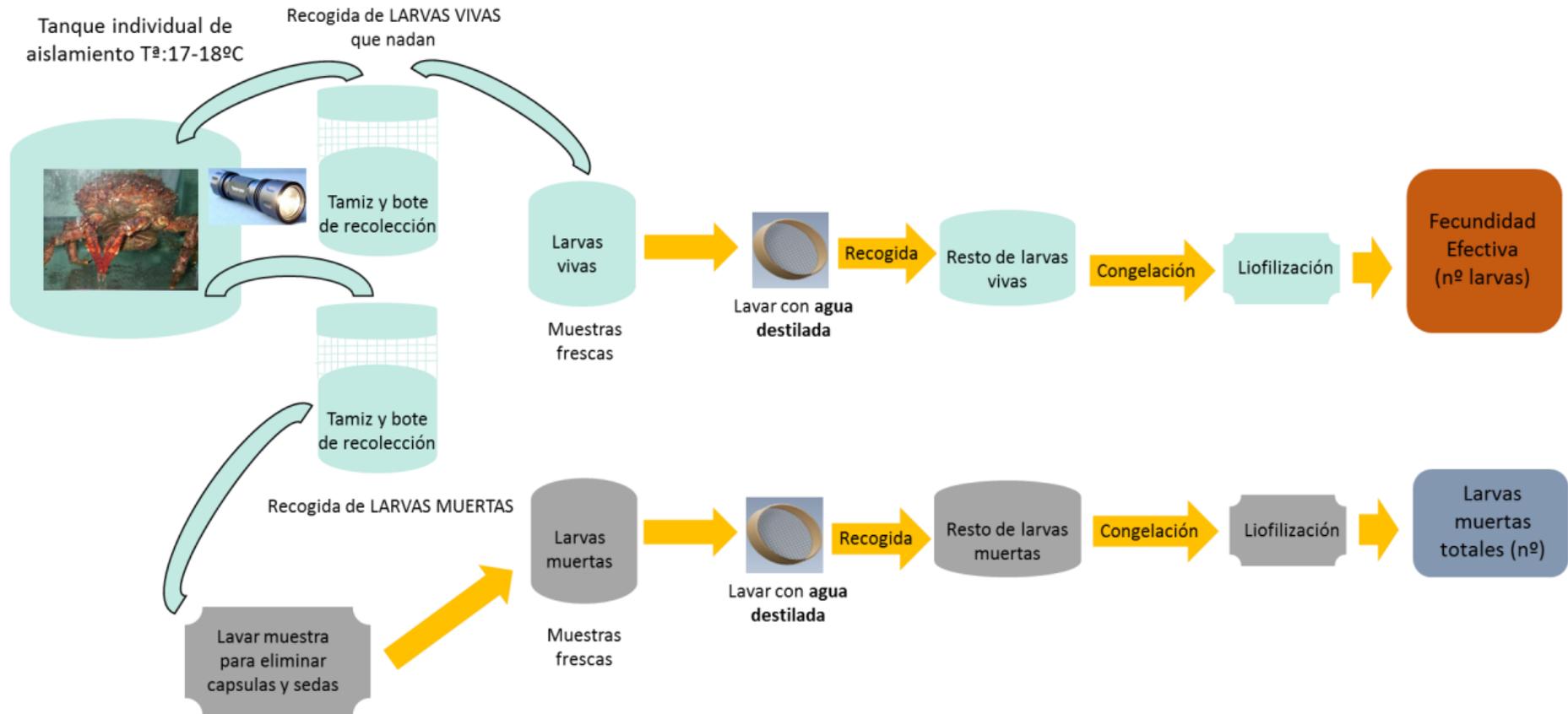


Fig.3. Esquema del protocolo seguido para la recogida de las larvas (vivas y muertas) tras la eclosión de los huevos.



Análisis de datos

Índice de diferencia de tamaño entre progenitores (Índice H/M)

Para ver la diferencia de tamaño que había entre la hembra y el macho de cada apareamiento utilizamos el Índice H/M (tamaño del caparazón de la hembra (cm)/ tamaño del caparazón de macho (cm)). Si su valor es mayor que 1, la hembra es de mayor tamaño que el macho; y, si es menor que 1, la hembra es de menor tamaño que el macho. De esta manera, con un único valor se conocía el tamaño relativo entre los dos progenitores.

Fecundidad

La fecundidad se define como el número de huevos que han sido liberados por una hembra en el desove.

Capacidad de fecundación

La capacidad de fecundación se define como el número de individuos fecundados entre los individuos que se podrían haberse fecundado, siendo así su mayor valor 1, caso en el que se fecundan todos los huevos. En el número de individuos fecundados se incluyeron las larvas (viables y no viables) y los huevos fecundados perdidos durante el desarrollo. Al total se le sumaron a esta cantidad los huevos no fecundados perdidos durante el desarrollo.

Viabilidad

La viabilidad es el porcentaje de larvas viables (vivas) respecto al total de larvas potenciales. En larvas potenciales se incluyeron las larvas vivas (no viables) y las muertas (no viables) tras la eclosión, y los huevos fecundados perdidos durante el desarrollo.

Regresión lineal

Se utilizaron regresiones lineales para comprobar en qué medida se encontraban relacionadas las diferentes variables. Para ello, se obtuvo la ecuación de la línea de tendencia que mejor se ajustaba a los datos y el valor de R^2 . Se halló el coeficiente de correlación (r) mediante la fórmula $r = \sqrt{R^2}$. Si este valor es cercano o igual a 1, el ajuste será preciso y las predicciones del modelo muy fiables. Si se acerca a 0, el ajuste no resulta representativo de la realidad.



Resultados

De los 24 cruces planteados en el proyecto sólo han sido exitosos 18. En la Tabla 1 se pueden ver cuáles se han producido con éxito. Los machos pequeños alcanzaron el 100% de éxito en la cópula con hembras pequeñas, mientras que los machos grandes realizaron la cópula el 100% de las hembras pequeñas y medianas. Estos últimos, lograron realizar la cópula con el 50% de las hembras grandes, mientras que solo un macho pequeño consiguió copular con una hembra grande (25%), siendo el tipo de cruce menos exitoso.

Tabla 1. Tipos de apareamientos según el tamaño de machos y hembras que se han realizado con éxito.

| Tipo de cruce | Cruces exitosos |
|---------------------------------------|-----------------|
| Macho pequeño - Hembra pequeña | 4 |
| Macho pequeño - Hembra mediana | 3 |
| Macho pequeño - Hembra grande | 1 |
| Macho grande - Hembra pequeña | 4 |
| Macho grande - Hembra mediana | 4 |
| Macho grande - Hembra grande | 2 |

Los resultados indicarían, a priori, a falta de un número mayor de repeticiones para cada tipo de apareamiento, que el tamaño relativo entre las hembras y los machos afecta a la probabilidad de éxito en la cópula. Cuando una hembra es de mayor tamaño que un macho, se reduce la probabilidad de que se produzca la cópula, ya que sólo se han producido la mitad de cópulas con éxito en este caso, 4 de las 8 planteadas. Por otra parte, cuando el macho es de mayor tamaño que la hembra la cópula siempre se produce con éxito, 8 casos exitosos de los 8 planteados.



Fecundidad

En la Fig.4 se puede observar la fecundidad frente al tamaño de las hembras:

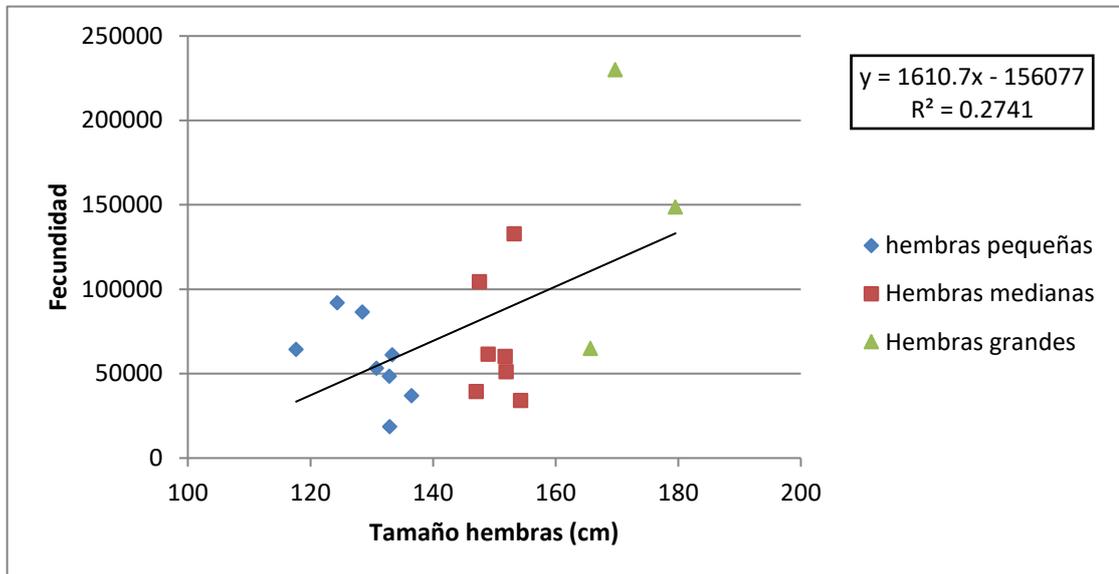


Fig.4. Gráfico que muestra la fecundidad frente al tamaño de las hembras (cm).

Como es lógico, a medida que aumenta el tamaño de las hembras, aumenta su fecundidad ya que las hembras más grandes poseen más recursos para el desarrollo gonadal y más espacio disponible para la puesta. Se ve una tendencia clara si observamos las medias de los 3 grupos: pequeñas (57.706 huevos), medianas (69.149 huevos) y grandes (147.873 huevos). Sin embargo, en cuanto a las desviaciones estándar de cada grupo varían más: pequeñas (24.282), medianas (36.210) y grandes (82.559). Esto se debe sobre todo a las hembras grandes ya que una de ellas ha presentado un fecundidad relativamente baja respecto a las otras 2. El coeficiente de correlación r es de 0.52 por lo que se puede decir que existe una relación significativa aunque el modelo lineal no se ajuste de manera muy precisa debido a la dispersión de los datos.



Capacidad de fecundación

Relacionando la capacidad de fecundación con el tamaño relativo hembra/macho, el gráfico resultante sería el siguiente:

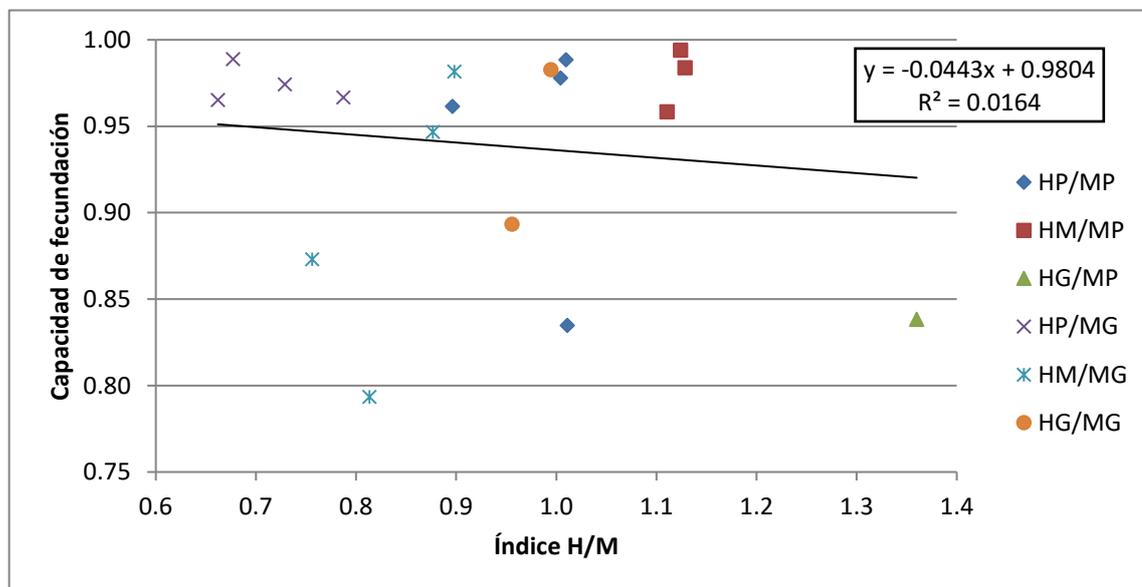


Fig.5. Relación entre capacidad de fecundación y el índice de la diferencia de tamaño entre las hembras y los machos progenitores.

En la Fig.5 se puede observar que son las hembras pequeñas las que presentan mayores niveles de fecundación de sus puestas, especialmente cuando se cruzan con machos mayores que ellas, como indican los valores menores del índice de tamaño relativo. Sin embargo, cabe destacar el alto valor medio de la capacidad de fecundación (0.94) siendo el máximo 1. Esto, junto al valor de la desviación típica (0.06), implica que la mayoría de los huevos son fecundados, ya que el rango es 0.79-0.99. Tras realizar una regresión lineal, según el bajo valor de R^2 (0.016), estas variables no presentan relación entre ellas, son independientes. Su coeficiente de correlación r es de 0.08, muy cercano a 0 y, por tanto, un modelo poco preciso debido a la dispersión de los datos.

Cabe desatacar también el caso de mayor Índice H/M (1.4 aprox.). Se trata de un apareamiento entre un macho pequeño y una hembra grande y presenta un capacidad de fecundación similar (0.8 aprox.) a la de un apareamiento entre individuos de un tamaño similar (Índice H/M \approx 1). De nuevo, este hecho apoya la poca correlación existente entre las 2 variables.

Por último, en todos los casos en los que se da fecundación, la capacidad de fecundación del macho es igual o mayor a 0.79, independientemente del tamaño relativo



de los progenitores o el tamaño de las hembras. Como se puede observar, no existe ninguna tendencia clara entre las variables.

Viabilidad

Relacionando la viabilidad con el Índice H/M, la gráfica resultante es la siguiente:

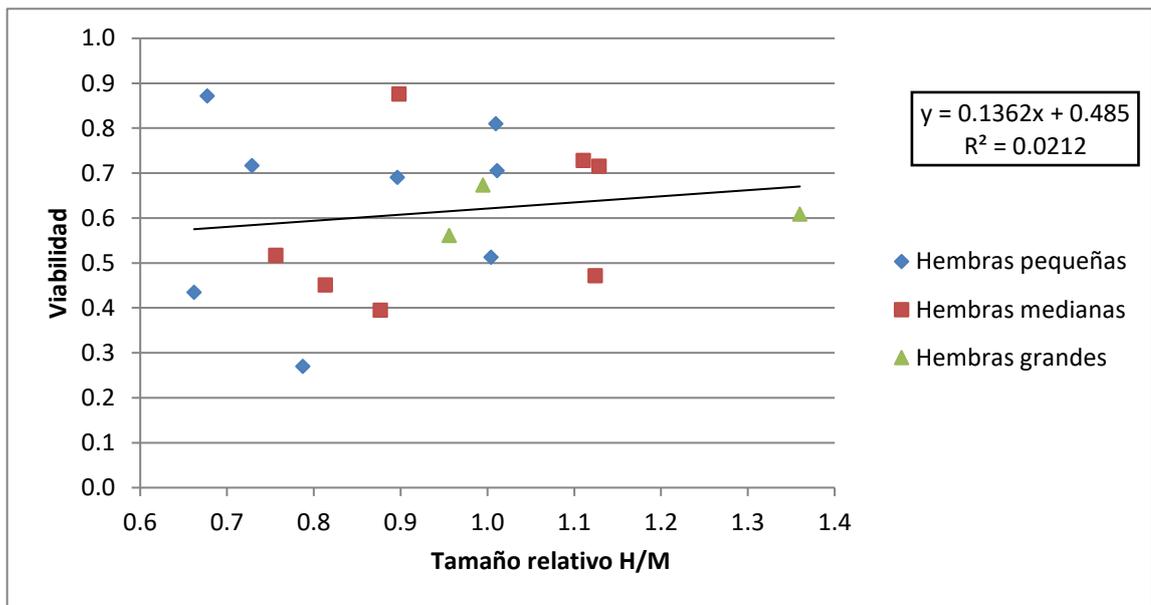


Fig.6. Relación entre viabilidad y el índice de la diferencia de tamaño entre las hembras y los machos progenitores.

Tal y como muestra la Fig.6, los valores son muy dispersos por lo que, a primera vista, no se aprecia ninguna relación entre ambas variables. Tras realizar una regresión lineal, el valor de R^2 es muy cercano a 0 (0.021), al igual que el coeficiente de correlación, r , con un valor de 0.15. Como en el caso anterior, se observa que las dos variables son independientes. El rango de la viabilidad (0.27-0.88) es amplio. Teniendo en cuenta la desviación típica (0.17) y su media (0.61), se corrobora la gran dispersión en los datos. La línea de tendencia tiene una ligera pendiente pero que prácticamente es despreciable, debido a la poca precisión que presenta la recta modelo respecto a los datos.

Volviendo al caso de la hembra grande con el macho pequeño, su viabilidad está próxima a la de los demás casos, ya sea cuando los progenitores son del mismo tamaño.

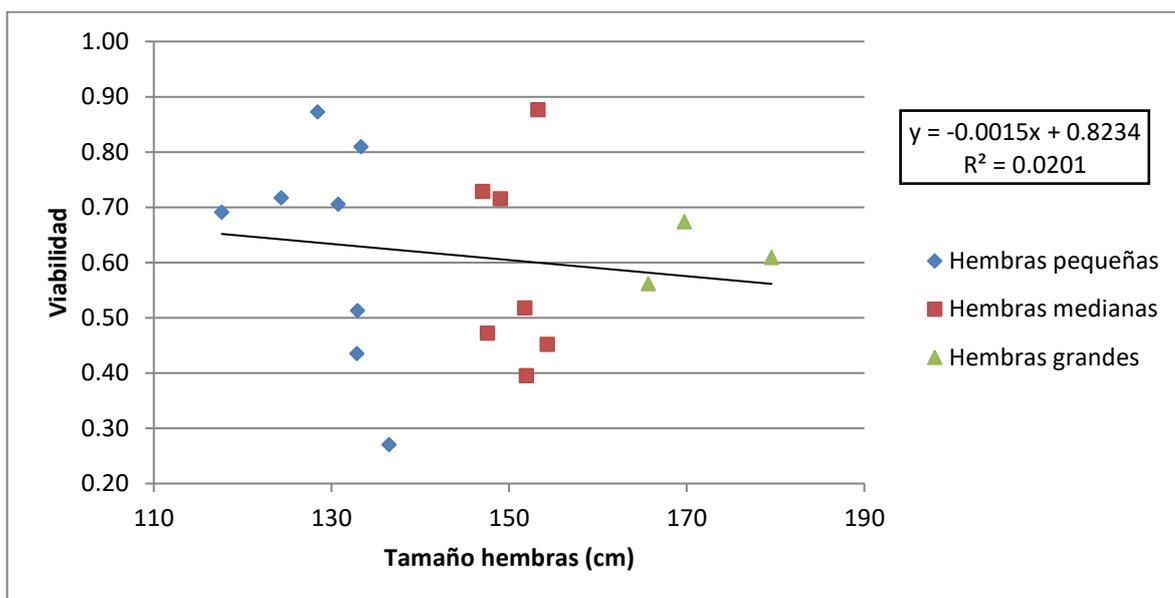


Fig.7. Relación entre viabilidad y el tamaño de las hembras.

. A continuación, se intenta relacionar la viabilidad con el tamaño absoluto de las hembras (Fig. 7) debido a que las hembras son las que se encargan de la producción de los huevos, que incluye la formación del vitelo, material necesario para el desarrollo embrionario. De nuevo, la R^2 es muy baja (0.02), al igual que r (0.14) por lo que podemos considerar que las dos variables son independientes. El modelo lineal apenas se ajusta a la nube de datos. En los tamaños intermedios es donde la viabilidad es más variable.

Por último, comprobamos si existe relación entre la viabilidad y la capacidad de fecundación (Fig. 8):

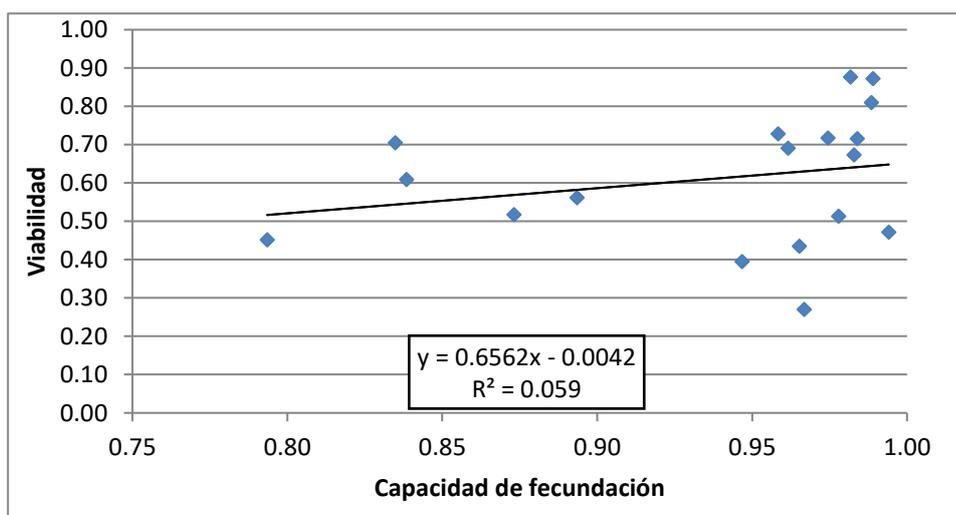


Fig.8. Relación entre viabilidad y capacidad de fecundación.



De nuevo, tras la regresión lineal, aparentemente no existe relación alguna entre las dos variables, el valor de R^2 es muy bajo (0.059). Por tanto, el coeficiente de correlación es de 0.24. Este valor es muy cercano a 0. Los datos no se ajustan al modelo. La capacidad de fecundación es muy alta en todos los casos independientemente del valor de la viabilidad.



Discusión

Según los datos obtenidos, la probabilidad de que se produzca la cópula con éxito depende en cierta parte del tamaño de los individuos. Siempre que el macho ha sido más grande que la hembra, ha existido cópula (100% de éxito en la cópula). Sin embargo, cuando la hembra es de mayor tamaño que el macho, la probabilidad disminuye a la mitad (50% de éxito). Y disminuye más cuanto mayor es la diferencia de tamaño entre los dos. Como se ha visto, sólo un macho pequeño ha conseguido fecundar a una hembra grande.

Aún así, este trabajo presenta unos datos escasos para confirmar o desmentir esta hipótesis. Sólo se han realizado 24 intentos de cópula, con 18 exitosos. Cabe recalcar que la infraestructura necesaria para realizar un estudio con un mayor número de apareamientos y poder controlarlos probablemente es inviable económicamente debido a que se debe verificar el apareamiento mediante vídeo, se necesitan jaulas para aislar cada hembra...etc.

Entre los crustáceos braquiuros, la fecundidad presenta una alta variabilidad. Esta puede ser debido a factores ambientales, como el alimento (Sastry, 1983), temperatura o área geográfica (Otto *et al.*, 1989); o internos, como la talla corporal (Tuck *et al.*, 2000), las sucesivas puestas o el tiempo transcurrido desde la última muda (Sainte-Marie, 1993). La especie *M. brachydactyla* presenta un alto valor de fecundidad respecto a otras especies de la familia Majidae. También ponen huevos de gran tamaño comparándola con otros braquiuros. En este trabajo, la fecundidad aumenta según aumenta el tamaño de las hembras, por lo que estas dos variables están íntimamente relacionadas. Estos mismos resultados también se han podido ver en otros trabajos como el de Verísimo P. (2015) en el que se aportan mayor número de datos. La relación entre tamaño y fecundidad se debe a que las hembras se encargan del desarrollo gonadal y de la acumulación de vitelo en los óvulos. Debido a la falta de alimento o la temperatura, puede haber mucha variabilidad ya que el animal puede encontrarse en diferentes estados energéticos y no dedicar la misma cantidad de energía a la reproducción. Esto explicaría la baja fecundidad de algunas de las hembras grandes de este estudio.

En cuanto a la capacidad de fecundación de los machos de *M. brachydactyla*, en todos los casos sus valores han sido elevados independientemente de la diferencia de tamaño de los progenitores. En ningún caso de los que se ha producido la fecundación este valor ha bajado de 0.75, y en la mayoría de ellos, se encuentra por encima de 0.9. Esto implicaría que el esperma no es limitante a la hora de fecundar la puesta de una hembra. Aún así, la hembra puede guardar en las espermatecas el esperma de diferentes machos y utilizarlos.



La viabilidad ha presentado un rango muy amplio, desde 0.27 a 0.88. Además no se ha correlacionado de ninguna manera con el tamaño relativo de los individuos ni con el tamaño absoluto de las hembras. Por tanto, según estos datos, puede ser que haya un factor externo a las hembras para que la proporción de larvas viables de una puesta sea tan variable.

Si bien en este trabajo se ha analizado el número de huevos de cada puesta, no se ha tenido en cuenta variables como el tamaño de los huevos o la calidad de las puestas. La fecundación de *M. brachydactyla* es mayor que en otras especies de la familia Majoidea como, por ejemplo, *Hyas Coarctatus* e *Inachus dorsettensis* (Bryant & Hartnoll, 1995). Los valores pueden llegar a 400.000 huevos por puesta (Kergariou, 1984). Los huevos desovados de cultivo presentan un tamaño similar entre ellos, lo que contrasta con el medio natural, reflejando así el impacto del ambiente en las diferentes puestas (Verísimo, 2015).

Este trabajo pone de manifiesto que el tamaño relativo entre progenitores no afecta al tamaño de la puesta ni a la fecundación. La viabilidad tampoco se ve afectada. Pero, al parecer, un punto importante sobre la reproducción en las centollas es la probabilidad de que suceda la cópula. A priori, ésta estaría relacionada con el tamaño relativo entre macho y la hembra.

Por último, aparte de los indicios que puede aportar este trabajo sobre la fecundación en centollas y sobre cómo afecta el tamaño a las puestas, se deberían realizar otros estudios de laboratorio donde se resuelvan preguntas derivadas de la gestión pesquera actual. Por ejemplo, cómo gestiona una hembra el esperma de diferentes machos, cómo el orden de la cópula podría afectar a la multipaternidad o si existe relación entre la calidad de las puestas y el tamaño de los progenitores.



Bibliografía

- Brosnan DM (1981) Studies on the biology, ecology and fishery of the spider crab *Maia squinado* Herbst (1768) of the west coast of Ireland. M. Sc. Thesis, University College Galway.
- Bryant, A. D. & R. G. Hartnoll (1995). Reproductive investment in two spider crabs with different breeding strategies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 188(2): 261-275.
- Corgos A (2004) Estrategia vital, estructura espacial y dinámica poblacional de la centolla, *Maja squinado* (Decapoda: Majidae). Tesis doctoral, Universidad de A Coruña
- González-Gurriarán E, Fernández L, Freire J, Muiño R, Parapar J (1993) Reproduction of the spider crab *Maja squinado* (Brachyura: Majidae) in the southern Galician coast (NW Spain). *Internacional Council for the Exploration of the Sea, Shellfish Committee*: 1-19
- González-Gurriarán E, Fernández L, Freire J, Muiño R (1998). Mating and role of seminal receptacles in the reproductive biology of the spider crab *Maja squinado* (Decapoda, Majidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 220: 269–285.
- Iglesias J, Sánchez F, Moxica C, Fuentes L, Otero JJ, Pérez JL (2002) Datos preliminares sobre el cultivo de larvas y juveniles de centolla *Maja squinado* Herbst, 1788 en el Centro Oceanográfico de Vigo del Instituto Español de Oceanografía. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 18: 25-30
- Kergariou, G. (1975). Contribution à l'étude de la reproduction de l'araignée de mer (*Maia Msquinado* H.). ICES, Shellfish and Benthos Committee. C.M. 1975/K: 34: 8.
- Kergariou, G. (1984). L'araignée de mer, *Maia squinado* L., sur le littoral de Bretagne. *Science et Pêche, Bulletin du Intistut de Pêches maritimes* 205 : 11-19
- Le Foll D (1993) Biologie et exploitation de l'araignée de mer *Maja squinado* Herbst en Manche Ouest. Tesis doctoral, Université de Bretagne Occidentale. IFREMER, RI DRV 93–030: 524
- Lebour, M. V. (1927). Studies of the Plymouth Brachyura. I. The rearing of crabs in captivity, with a description of the larval stages of *Inachus dorsettensis*,



- Macropodia longirostris and Maia squinado. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 14: 795-820.
- Lebour, M. V. (1928) The larval stages of the Plymouth Brachyura. *Proceedings of the Zoological Society of London*: 473-560
- Meyer, C. G. (1993). The biology and fishery of the spider crab (*Maja squinado*) around Jersey (Channel Islands). Dept. Biol. Sci., Fac. Sci. Univ. Plymouth: 116.
- Neuman V, (1998) A review of the *Maja Squinado* (Crustacea: Decapoda: Brachyura) species-complex with a key to the eastern Atlantic and Mediterranean species of genus. *Journal of Natural History* 32: 1667-1684
- Otto, R. S., R. A. MacIntosh & P. A. Cummiskey (1989). Fecundity and other reproductive parameters of female red king crab (*Paralithodes camtschatica*) in Bristol Bay and Norton Sound, Alaska.
- Pardieck RA, Orth RJ, RN Lupcius (1999) Ontogenetic changes in habitat use by postlarvae and young juveniles of the blue crab. *Marine Ecology Progress Series* 186: 227-238
- Pascual MS, EA Zampatti, Iribarne OO (2001) Population structure and demography of the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, d'Orbigny, 1841) grounds in northern Patagonia, Argentina. *Journal of Shellfish Research* 20: 1003-1010
- Rodhouse, D.M., 1984. Experimental fishing for the spider crab, *Maia squinado*: sea and laboratory trials. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. 64, 251-259.
- Sainte-Marie, B. (1993). Reproductive cycle and fecundity of primiparous and multiparous female snow crab, *Chionoecetes opilio*, in the northwest Gulf of Saint Lawrence. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences* 50: 2147-2156.
- Sampedro MP, González-Gurriarán E, Freire J (2003) Molt cycle and growth of *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in coastal habitats of Galicia, north-west Spain. *Journal of the marine Biological Association of the United Kingdom* 83: 995-1005
- Sampedro MP, Gurriarán EG, Freire J, Muiño R (1999) Morphometry and sexual maturity in the spider crab *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in Galicia, Spain. *Journal of Crustacean Biology* 19: 578-592



- Sastry, A. N. (1983). Pelagic larval ecology and development. The biology of crustacea. Behavior and Ecology. F. J. Vernberg and W. B. Vernberg. New York, *Academic Press*. 7: 213-225.
- Schlegel, M. C. (1911). Sur le développement de *Maia squinado* Latr. *Comptes Rendues de l'Academie des Sciences de Paris* 153: 480-482.
- Sotelo G, Morán, Fernández L, Posada D (2008) Genetic variation of the spiny spider crab as *Maja brachydactyla* in the northeastern Atlantic. *Marine ecology Progress Series* 362: 221-223
- Sotelo, G., P. Moran & D. Posada (2009). Molecular phylogeny and biogeographic history of the European *Maja* spider crabs (Decapoda, Majidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53: 314–319.
- Tuck, I. D., A. Atkinson & C. J. Chapman (2000). Population biology of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.) in the Firth of Clyde, Scotland II: fecundity and size at onset of sexual maturity. *ICES Journal of marine Science* 57: 1227-1239.
- Verísimo P. (2015) Implicaciones de la composición bioquímica y la condición energética de la centolla, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922), en su ciclo reproductivo. Tesis doctoral. Universidad de A Coruña.
- Udekem d'Acoz, C. (1999). Inventaire et distribution des crustaces decapodes de l'Atlantique nordoriental, de la Mediterranee et des eaux continentales adjacentes au nord de 25oN. *Patrimoines naturels* 40: 383.