



AGRICULTURA



GANADERÍA



PESCA Y ACUICULTURA



ESTUDIOS E INFORMES TÉCNICOS

# EL CENTOLLO

*Maja brachydactyla* (Blass, 1922)

## Una Oportunidad Para La Diversificación De La Acuicultura



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera  
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

# EL CENTOLLO

*Maja brachydactyla* (Balss, 1922)

## Una Oportunidad Para La Diversificación De La Acuicultura

Javier Alaminos Ternero

Sevilla, 2011



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera  
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

**Alaminos Ternero, Francisco Javier**

El centollo *Maja brachydactyla*: una oportunidad para la diversificación de la acuicultura. -- Jaén :  
Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación : Instituto de Investigación y  
Formación Agraria y Pesquera , 2011  
54 p. : il., tablas, gráf. ; 20 cm. -- (Pesca y acuicultura.Estudios e Informes Técnicos)

D.L. J 841-2011

Pesca  
Acuicultura  
Cria de mariscos  
Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca  
Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera  
Pesca y acuicultura (Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca) . Formación.

639.517::639.4

Autor: Francisco Javier Alaminos Ternero  
Edita: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera  
Consejería de Agricultura y Pesca.  
Publica: Secretaría General Técnica.  
Servicio de Publicaciones y Divulgación.  
Producción editorial: Colmenero&Rodríguez

Serie: Pesca y Acuicultura. Estudios e Informes Técnicos

D.L.: SE J 841-2011

## Índice

### Prólogo

### Introducción

7

### Aspectos de la biología del Centollo

8

Descripción de la especie

8

Diferenciación específica y distribución

9

Biología del centollo

9

### Iniciación en el cultivo del Centollo

11

1. Cultivo y mantenimiento de adultos reproductores

11

2. Desarrollo embrionario y larvario

12

3. El cultivo larvario

14

4. El cultivo de juveniles

15

4.1. Estudios de la densidad de cultivo  
y su efecto sobre el canibalismo

16

4.2. Estudios sobre dietas

17

4.2.1. Crecimiento de juveniles alimentados con distintas dietas

18

4.2.2. Estado nutricional de adultos alimentados con distintas dietas

21

A) Gónada

23

B) Hepatopáncreas

23

C) Clases lipídicas

25

4.3. Técnicas de cultivo en celdillas individuales

29

4.3.1. Primera fase

30

4.3.2. Fase intermedia

36

4.3.3. Segunda fase

38

5. Discusión de los resultados y conclusiones

44

6. Parámetros de cultivo

46

### Agradecimientos

49

### Bibliografía

51

# Prólogo

El estatus actual de la acuicultura en España y, particularmente en Andalucía, está caracterizado por centrarse en pocas especies que acaparan la casi totalidad de la producción acuícola. Esto provoca una excesiva dependencia de las posibles fluctuaciones del mercado, frente al que se muestra como un sector débil por esta causa.

Una de las razones de ser del IFAPA, organismo autónomo de la Consejería de Agricultura y Pesca, según se expresa en el Programa Sectorial elaborado por el propio Instituto para el quinquenio 2009-2013, es prestar apoyo a las Empresas de Base Tecnológica agroalimentarias y acuícolas, para dar respuesta a las demandas y necesidades de evolución de los sectores productivos tradicionales. En ejercicio de estas funciones, una manera de paliar esta dependencia y fortalecer el sector, es la investigación sobre las posibilidades de incorporar nuevas especies a las tradicionalmente cultivadas.

En esta monografía se recoge la experiencia acumulada durante los tres años de duración del proyecto JACUMAR de cría del centollo, *Maja brachydactyla* y las líneas de investigación que se han llevado a cabo. El objetivo que se persigue no es elaborar un manual de cría del centollo en sentido estricto, sino explorar posibilidades de diversificación de la acuicultura y acotar las principales características técnicas para la iniciación de su cultivo a gran escala.



Instalaciones de IPIMAR.

## Introducción.

El centollo atlántico es una especie muy apreciada en España desde el punto de vista gastronómico y alcanza un elevado precio en el mercado. En Galicia, principal región española productora de centollos, más del 90% de los recursos pesqueros de esta especie proceden de la pesca extractiva, causando la sobreexplotación de la especie (Freire, *et al.* 2002) y en Asturias, la disminución de otras especies marisqueras está provocando una presión creciente del sector pesquero para aumentar las capturas de centollos (García Flores & Fernández Rueda, 2003). Si por otro lado consideramos que es una especie que tiene un alto grado de adaptación a las condiciones de cautividad, una alta tasa de fecundidad y un rápido crecimiento (Iglesias, *et al.* 2002; Alaminos J & P Domingues. 2007), podemos reconocer el alto potencial que esta especie tiene para la acuicultura. Sin embargo, aunque existen diversos estudios sobre su biología y comportamiento reproductor en el medio natural (Corgos, *et al.*, 2005, Bernárdez, *et al.*, 2000, García Flores & Fernández Rueda, 2000, Corgos, *et al.*, 2007), aún no está suficientemente estudiado su crecimiento en cautividad y las únicas instalaciones comerciales que actualmente existen, son las denominadas cetáreas, donde se mantienen vivos los animales procedentes de la pesca extractiva, hasta su comercialización. Las cetáreas no son pues centros de acuicultura, sino meras piscinas para el mantenimiento de los animales en espera de su comercialización.

# Aspectos de la biología del Centollo.

## Descripción de la especie

El centollo es un crustáceo decápodo de la familia Majidae, que presenta un caparazón redondeado y formado por un cefalotórax, en forma de pera, de 180-200 mm en estado adulto y un peso entre 1 y 1,5 kilos. Como todos los cangrejos, el abdomen es poco conspicuo y está formado por una lámina, plegada dorsiventralmente sobre el cefalotórax. El caparazón está cubierto de espinas dorsales de diferente tamaño, que le sirven de protección y que utiliza para enredar algas y camuflarse con el entorno. Lateralmente, el caparazón también presenta una fila de espinas, más largas que las dorsales, entre las que son muy manifiestas las dos espinas frontales, divergentes y muy robustas, que van situadas entre los ojos pedunculados y retráctiles.

Presentan cinco pares de patas, largas y peludas, que le dan el aspecto de una araña, de ahí el nombre de spider crab que recibe este crustáceo en lengua inglesa. El primer par de patas está modificado en forma de pinzas para capturar el alimento y llevarlo a la boca y en los machos adquiere una segunda función para asir a las hembras en la cópula y para las disputas territoriales y reproductoras con otros machos.

Existe un cierto dimorfismo sexual que, aunque no muy acusado, si es suficiente para diferenciar los machos de las hembras sin gran dificultad. El macho suele ser mayor que la hembra y con pinzas mucho más grandes y robustas, pero con todo, la principal diferencia se localiza en la parte ventral, donde las hembras poseen un abdomen muy redondeado y abombado (opérculo), que al plegarse sobre el cefalotórax forma una amplia cámara para el depósito de huevos. En los machos, el abdomen es mucho más estrecho y alargado y no forma ningún tipo de cámara.

## Diferenciación específica y distribución

La distribución de las poblaciones naturales del centollo es muy amplia. Ocupa la casi totalidad de la costa Este del Océano Atlántico, desde el Mar del Norte hasta el Golfo de Guinea, y también se extiende por el Mar Mediterráneo (Ingle 1980, Kergariou 1984, Le Foll 1993). Hasta hace poco se consideraban todas estas poblaciones pertenecientes a una sola especie, *Maja squinado*, pero estudios recientes (Neumann, 1998) han puesto de manifiesto que la distancia genética entre las poblaciones atlánticas y mediterráneas son suficientes para considerarlas especies distintas. Las poblaciones mediterráneas han conservado el nombre original de *M. squinado* (Herbst, 1788), mientras que las atlánticas han sido reconocidas como *M. Brachydactyla* (Balss, 1922). Es esta última, en la se centra esta monografía sobre la cría del centollo en cautividad.

## Biología del centollo

Los crustáceos son animales provistos de una coraza dura, o exoesqueleto, que lo protege de depredadores y otros agentes externos, pero que les impide el libre crecimiento. Por esto, el animal para crecer debe desprenderse de su antiguo caparazón y fabricar otro mayor que le permita aumentar de tamaño en su interior. Este proceso, denominado ecdisis o muda, está regido por la ecdisina (o ecdisona), una hormona que segrega el denominado órgano "Y", situado en la zona facial. El animal emerge tras la muda con un caparazón blando y plegado, que se estira y endurece progresivamente al cabo de unas horas, dejando suficiente espacio en su interior para que el animal pueda aumentar de tamaño en su crecimiento. El exoesqueleto descartado se denomina exuvia y el tiempo que transcurre entre dos mudas consecutivas, se llama estadio o período de intermuda. Se produce así un crecimiento discontinuo con una duración muy variable, que depende fundamentalmente de la especie. En los Majidos, el proceso de crecimiento dura hasta alcanzar la madurez sexual, momento en el que se produce una irreversible degeneración del órgano "Y", y cesa el crecimiento. Esto significa que a partir de la última muda, denominada por esto "Muda Terminal", el animal adquiere su tamaño máximo y deja de crecer.



Centollo realizando la muda en un tanque de cultivo.

El centollo es una especie migradora, que pasa el invierno en aguas profundas y vuelve en primavera hacia aguas litorales más someras. Su función no está muy bien esclarecida, aunque se la ha relacionado con los procesos de reproducción, dado que se favorecen los encuentros macho/hembras en los pasillos migratorios. Los animales de vida solitaria como el centollo, tienen pocas posibilidades de encuentro para realizar la cópula, por lo que deben asegurarse una máxima eficacia y aprovechar los escasos momentos en que se pueden producir estos encuentros. La espermateca es una interesante adaptación evolutiva para estos casos, pues se trata de un órgano donde almacenar el esperma, para posteriores fecundaciones, sin la necesidad de nuevas intervenciones del macho. En cautividad se han observado hasta tres puestas de una misma hembra sin cópulas previas. En cuanto al hábitat, se suelen encontrar centollos tanto en sustratos arenosos como en los rocosos, si bien prefieren zonas con abundancia de algas donde pueden camuflarse con facilidad. La alimentación es omnívora estando su dieta formada principalmente por algas, bivalvos, erizos y otros crustáceos, gustando también a veces de carroña procedente de peces y cefalópodos.

# Iniciación al cultivo del Centollo.

## 1. Cultivo y mantenimiento de adultos reproductores

La obtención de reproductores es una cuestión fácilmente subsanable acudiendo a su compra en el mercado o a los pescadores de la zona. Posteriormente es fácil la obtención de juveniles con los que iniciar un cultivo, dado que los centollos tienen una gran capacidad de adaptación a las condiciones de cautividad y se reproducen con suma facilidad.

El transporte de los adultos puede hacerse en seco, pues son animales que aguantan bien la estancia fuera del agua y la utilización de simples cajas de poliestireno expandido da buenos resultados. No obstante, si el calor es intenso, basta con añadir elementos para mantener fresco el ambiente, como tabletas frigoríficas de plástico y hojas de periódico mojadas para mantener un cierto grado de humedad en las cajas. En estas condiciones los centollos pueden permanecer algunas horas sin sufrir daños graves y pueden ser transportados con garantías de éxito. No obstante, si el trayecto largo es aconsejable realizar el transporte en camiones refrigerados para minimizar el estrés.

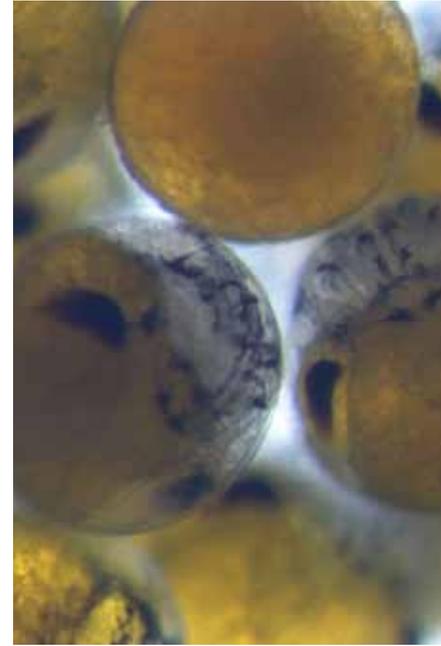
A la llegada de los animales, es recomendable depositarlos en grandes tanques de acondicionamiento para recuperarse de las condiciones estresantes del transporte. Es importante proporcionarles alimento en abundancia, pues el estrés provocado por la captura, el abandono de su hábitat natural y el transporte, incrementan la agresividad y acrecientan las tendencias caníbales. Posteriormente, se los puede trasladar a tanques de reproductores, que no deben ser muy grandes a fin de facilitar la recogida de las puestas. En nuestro caso los tanques de reproductores tenían unas dimensiones de 80 x 54 x 58 cm y en ellos se depositaban 12 animales, a una tasa de tres hembras por macho.



Tanques de cultivo para adultos.

## 2. Desarrollo embrionario y larvario

La puestas se producen en la cámara abdominal que posee la hembra y forman una masa de huevos amarillo-anaranjada, que se adhiere a los pleópodos de la cámara de huevos. El desarrollo embrionario se prolonga durante 30-40 días, siguiendo tres fase consecutivas (amarillo-anaranjada, parda y marrón oscura) descritas por González-Gurriarán. Estas fases coinciden con el desarrollo progresivo de la pigmentación en el embrión.



Fase pardo-anaranjado.



Cámara de puesta de una hembra de centollo.

El desarrollo larvario se caracteriza por presentar dos estadios antes de la metamorfosis final. La eclosión del huevo da origen a una primera larva, denominada zoea, con una cabeza muy desarrollada, donde destacan dos grandes ojos y una gran boca. Disponen de un apéndice a modo de abdomen, que le confiere capacidad natatoria y tienen un fuerte fototropismo positivo. La zoea se presenta en dos estadios consecutivos, denominados zoea I y zoea II, muy similares, pero diferenciables porque la zoea II posee unos pequeños pleópodos (apéndices natatorios) en la zona abdominal. La transformación entre los estadios I y II se produce a los 3-4 días de la eclosión del huevo y a los siguientes 3-4 días (7 días desde la eclosión) se produce la metamorfosis a una segunda larva, denominada megalopa, también de carácter planctónico y con capacidad natatoria, si bien con un menor fototropismo y una mayor tendencia a ocupar el fondo del tanque. En este estadio aparece ya un primer par de patas en forma de pinzas. Finalmente en los siguientes 7-8 días se produce la metamorfosis a centollo 1, completándose el desarrollo larvario, que viene a durar en su conjunto unos 15 días desde la eclosión del huevo.



Primera larva de centollo: Zoea I

### 3. El cultivo larvario

Las puestas que se producen en los tanques de reproductores se recogen con un salabre de malla fina y se depositan en tanques larvarios de forma circular, con fondo plano y 80 cm de diámetro por 40 cm de profundidad. El número de larvas en cada puesta es muy variable, desde 10.453 larvas hasta 112.684 larvas, siendo la media de 83.884 larvas. No obstante, estos resultados pueden variar mucho de unas instalaciones a otras.



Celdillas pequeñas.

Para la alimentación de las larvas se siguió una dieta de nauplios de artemia (*Artemia sp.*) enriquecida con SELCO®, a una tasa de 10 nauplios/ml. La determinación de esta tasa es un factor importante, pues el exceso de nauplios puede originar problemas de degradación de la calidad del agua por aumento de excreciones, aumento del consumo de oxígeno por degradación de la materia orgánica procedente de la acumulación de cadáveres de artemia en el fondo del tanque y finalmente peor calidad del alimento disponible, pues la artemia que no es consumida ni muerta, permanece como artemia residual que progresivamente pierde su calidad nutritiva e interfiere en el proceso de captura con la recién añadida. Hay que conjugar pues, dos factores: mantener una alta densidad de artemia para facilitar su captura y asegurar vías de escape para que la artemia residual no se acumule. Para evitar estos problemas los tanques larvarios disponían de un desagüe central revestido con una malla de 300 micras, que permite el paso de los nauplios pero no de las larvas de centollo, lo que asegura que la práctica totalidad de la artemia ha desaparecido por degradación o escape antes de añadir la dosis siguiente.

Autores que han estudiado el cultivo larvario (Andrés *et al.* 2007; Iglesias *et al.* 2002) consideran aceptable una tasa de supervivencia media hasta centollo 1, comprendida entre el 8 y el 13%.

### 4. El cultivo de juveniles

El estudio de las técnicas de cultivo de juveniles, ha sido donde se ha desarrollado principalmente nuestra actividad en el Proyecto de Cría del Centollo y especialmente en los cultivos individuales, aunque también es digno de mención los estudios realizados sobre densidades y su relación con el canibalismo. Los estudios sobre alimentación de juveniles y el estado nutricional de adultos, también han sido objeto de estudio en el marco de este proyecto.

#### 4.1. Estudios la densidad de cultivo y su efecto sobre el canibalismo<sup>1</sup>

Uno de los factores clave en acuicultura es optimizar el crecimiento en un mínimo de espacio (Iglesias *et al.*, 2002; Forsythe *et al.*, 2002; Domingues *et al.*, 2003). Sin embargo, el hacinamiento puede tener importantes efectos negativos sobre el crecimiento, como el estrés, que puede causar alteraciones en el comportamiento (Boal *et al.*, 1999), con consecuencias negativas para la evolución del cultivo.

El canibalismo es uno de los procesos que se ven mas favorecidos por la densidad de cultivo. Ha sido descrito en numerosas ocasiones como un comportamiento habitual en los crustáceos decápodos, siendo este uno de los principales factores limitantes para el cultivo de especies tan apreciadas como el bogavante (*Homarus gammarus*), con tendencias canibales muy acusadas. Aunque en otros crustáceos, como el centollo, el canibalismo no se da de manera tan manifiesta, el aumento de la densidad favorecerá las tendencias canibales, tanto por estrés, como por el simple hecho de aumentar las posibilidades de encuentro entre los animales. Determinar pues una óptima densidad, es especialmente un factor importante en el cultivo de centollos.

Se realizó un estudio comparativo de tres cultivos de juveniles a distintas densidades: Baja (11 centollos m<sup>2</sup>), media (32 centollos m<sup>2</sup>) y alta (50 centollos m<sup>2</sup>), correspondiendo la supervivencia mas alta, al final de los dos meses de experimento, a las densidades bajas (87% frente a 65%).

Los episodios de canibalismo fueron importantes, particularmente en las bandejas con alta densidad de centollos. De hecho, en las densidades de 11 centollos m<sup>2</sup>, fueron comidos por sus congéneres menos del 25% de los animales muertos, mientras que la tasa se elevó hasta el 60% para la más alta densidad, de 50 centollos m<sup>2</sup>. Existe pues una asociación directa entre el canibalismo y la densidad de cultivo. De todas formas, no pudo establecerse si el canibalismo había sido activo o pasivo, es decir, si el animal había sido muerto tras la muda como consecuencia de ataques directos de sus congéneres o había muerto como consecuencia de la muda y posteriormente comido los cadáveres.

<sup>1</sup> Parte del contenido de esta apartado ha sido publicado en la revista Biología Marina y Oceanografía de la Universidad de Valparaíso (Chile), bajo el título: Efecto de la densidad de cultivo y de elementos de refugio en el crecimiento y supervivencia de juveniles de centollo, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922).

En cualquier caso, es incuestionable la relación entre la mortalidad y la muda, pues en la mayoría de los casos la mortalidad (con canibalismo o sin el), estuvo asociada a la muda, siendo raro encontrar animales muertos con el caparazón duro. Esto confirma que los procesos relacionados con la ecdisis son muy estresantes y traumáticos para el animal.

En otra batería de experimentos, se estudió la densidad óptima en presencia de refugios, donde el animal recién mudado podría guarecerse. Como elementos de refugio se añadieron algas del género *Ulva*, sin embargo, al final del experimento no se observaron diferencias entre ambos tipos de cultivos, con algas y sin algas. La supervivencia fue similar en cada caso (33% frente al 37%) y la relación entre los procesos de muda y la mortalidad también fue muy similar en los cultivos con refugios (20%) y sin refugios (29%). Como conclusión final, se estableció que para los juveniles de centollo de menos de dos meses de edad, como los utilizados en estos experimentos, la densidad de cultivo que dio mejores resultados se establece en torno a los 10 individuos m<sup>2</sup>.

#### 4.2. Estudios sobre dietas<sup>2</sup>

La alimentación es una componente esencial en acuicultura, pues de ella va a depender el bienestar de los animales y un buen rendimiento del cultivo. Sin embargo, el rendimiento no es la única meta que debemos perseguir, sino que en el diseño de una dieta hay que conjugar muy diversos factores entre los que los propiamente nutritivos no son los únicos importantes.

En los centollos esta complejidad se acrecienta con factores dependientes de la estructura física del pienso, como la granulometría y textura, componentes importantes para especies con grandes pinzas y no demasiada sensibilidad, que pueden aplastar y desmenuzar el grano antes de llevarlo a la boca. Determinar pues un buen pienso pasa por diversos factores como la calidad nutritiva, la textura del grano y la consistencia, objetivos demasiado ambiciosos para

<sup>2</sup> Parte del contenido de este apartado ha sido publicado en dos artículos de las revistas *Aquaculture International* y *Aquaculture Research*, titulados:

- Effects of different natural or prepared diets on growth and survival of juvenile spider crabs, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922).

- Growth and survival of juvenile spider crabs, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922), fed with fresh or frozen mussels.

solo tres años de duración del proyecto. En consecuencia, la línea de investigación se trazó con objetivos más modestos, que se centraron en buscar una dieta para asegurar un buen crecimiento. En esta línea se diseñaron los experimentos sobre nutrición.

La conservación y almacenamiento del alimento, es otra cuestión importante en acuicultura y desde este punto de vista, se estudió el efecto de la congelación de la dieta sobre el crecimiento de los centollos.

Finalmente, se realizó un estudio comparativo del perfil lipídico de adultos alimentados con diferentes dietas naturales y artificiales y durante la ejecución de este experimento, se llevaron a cabo pruebas sobre granulometría y textura del pienso.

#### 4.2.1. Crecimiento de juveniles alimentados con distintas dietas

En el medio natural, el centollo se comporta como especie omnívora y oportunista, cuya alimentación se nutre de muy diversas fuentes, desde algas macroscópicas hasta carroña, pasando por moluscos, equinodermos y gusanos. Toda una amplia gama de presas, con muy diferente valor nutritivo.

En consecuencia, se realizaron varios experimentos con distintas dietas para confrontar las curvas de crecimiento y su efecto sobre supervivencia y mudas. En los diversos experimentos realizados se testaron diez dietas, una natural, seis seminaturales y tres piensos comerciales. Estas dietas fueron:

- Mejillón fresco · Mejillón fresco congelado · Mejillón cocido y congelado
- Camarón cocido y congelado. · Pescado blanco congelado. · Pescado azul congelado. · Mezcla de pescado blanco y pescado azul congelados. · Pienso comercial para langostinos. · Pienso comercial para peces. · Pienso experimental para peces (35% de proteínas). · Pienso experimental para peces (55% de proteínas).

Cada grupo de animales se cultivó separado de los demás y proporcionando la correspondiente dieta a saciedad y en una sola toma al día. Al mismo tiempo que se retiraban los restos de comida del día anterior y se tomaban datos sobre mudas y mortalidad. Cada 15 días se pesaban individualmente los centollos y se medía la longitud del caparazón para ver la evolución del cultivo y determinar la tasa de crecimiento, aplicando la siguiente fórmula:

$$TC = (\ln P_f - \ln P_i) / d \times 100 \% Pd^{-1}$$

Donde :

**TC:** Tasa de crecimiento, expresada como el tanto por ciento de incremento diario en peso.

**P<sub>i</sub> y P<sub>f</sub>:** Pesos inicial y final (o longitud del caparazón, en su caso).

**Ln:** Logaritmo neperiano

**d:** días transcurridos entre las medidas inicial y final.

Para determinar el peso, se recogía el individuo de la celdilla con una cucharilla metálica, se depositaba durante unos segundos sobre papel absorbente para eliminar el exceso de agua y se procedía a la pesada en una balanza de precisión. La longitud del caparazón se midió con una lupa binocular con software incorporado para medir tamaños pequeños y para cuando los animales fueron mayores se utilizó con un calibre electrónico.

En la [figura 1](#) se representan las curvas de crecimiento de los centollos para cada dieta. Sin embargo, estas curvas no son directamente comparables, puesto que cada una de ellas es el resultado de experimentos distintos, que se realizaron secuencialmente en momentos distintos y en los que se emplearon animales de diferente tamaño y edad. Es conocido que el crecimiento depende no sólo de la alimentación, sino también del estado de partida de los animales, condiciones ambientales, etc, por lo que esta figura debe ser corregida y extrapolada haciendo una estimación del crecimiento. La [figura 2](#) representa esta estimación y ha sido realizada en base a las tasas de crecimiento calculadas en los experimentos reales. En ella se representa cómo habría sido el crecimiento si todos los animales hubieran partido de un mismo peso inicial de 0,020 g. Para estimar los pesos con base a las tasas de crecimiento, se aplicó la siguiente fórmula:

$$P_e = P_i \cdot e^{TC \cdot d / 100}$$

Siendo:

**P<sub>e</sub>:** Peso estimado.

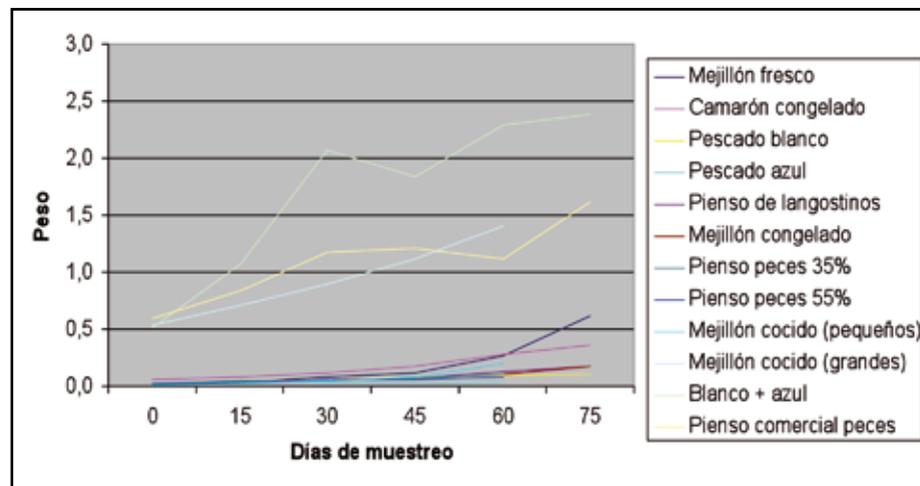
**P<sub>i</sub>:** Peso inicial (en este caso 0,020 g).

**e:** Número e (base de logaritmos neperianos).

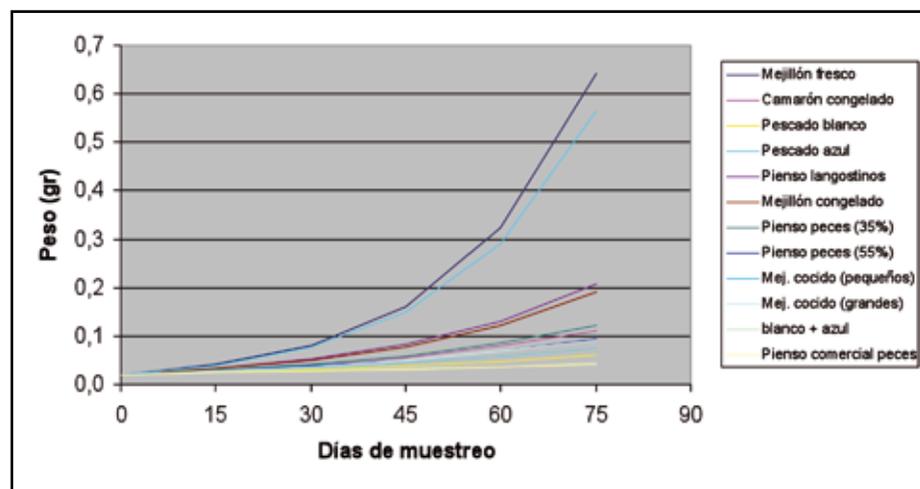
**TC:** Tasa de crecimiento (calculada en el experimento real).

**d:** Días a los que queremos estimar el peso.

**Figura 1.** Curva real de crecimiento en peso con distintas dietas.



**Figura 2.** Estimaciones del crecimiento en peso con distintas dietas



Se puede observar un comportamiento bastante diferente según la dieta proporcionada, distinguiéndose tres grupos de crecimiento:

**A-** Un primer grupo formado por los centollos que fueron alimentados con mejillón fresco y mejillón cocido, los cuales presentan un máximo crecimiento, con tasas de 4,6 y 4,4 %Pd<sup>-1</sup>, respectivamente,

**B-** Un segundo grupo, formado por los centollos que recibieron dietas de mejillón congelado y pienso de langostinos, con tasas de crecimiento intermedias de 3,0 y 3,1%Pd<sup>-1</sup>, respectivamente y

**C-** Un tercer grupo, correspondiente al resto de las dietas, cuyas tasas de crecimiento no llegaron a alcanzar el 2,5 %Pd<sup>-1</sup>, en todos los casos.

La dieta que mejor se comportó fue la de mejillón fresco (curva azul marino), con el que se obtuvo la mayor tasa de crecimiento, de 4,6%Pd<sup>-1</sup>. El mejillón cocido también tuvo un buen comportamiento cuando se administró a animales pequeños, de 0,014 gr (curva azul oscuro), sin embargo, no ocurrió lo mismo cuando se dio a animales más grandes, de 0,5 gr (curva azul claro), indicando que los animales más grandes tienen requerimientos nutricionales distintos, que no puede aportar el mejillón cocido, bien porque carecen de ellos en las cantidades más altas que demandan animales más grandes (caso de micronutrientes y vitaminas), o bien porque durante el proceso de cocción se desnaturalizan los nutrientes esenciales (proteínas, hidratos de carbono o lípidos), resultando de peor calidad nutritiva para los animales.

El pienso para langostinos tuvo un comportamiento intermedio, indicando que puede ser una buena base para investigar las necesidades nutricionales de los juveniles de centollo. Sin embargo, los demás piensos artificiales funcionaron mal. Tuvieron una elevada mortalidad y el crecimiento fue muy escaso, con tasas de crecimiento en torno al 2% Pd<sup>-1</sup>, lo que se asocia a un contenido proteico y lipídico demasiado alto.

#### 4.2.2. Estado nutricional de adultos alimentados con distintas dietas

Como complemento a lo anterior se hicieron diversos experimentos para comprobar el estado nutricional de adultos alimentados con diferentes dietas. Se tomaron 30 centollos adultos (15 machos y 15 hembras), procedentes de la pesca extractiva y se segregaron 3 machos y 3 hembras que fueron sacrificados de inmediato para comprobar el estado nutricional silvestre. Se tomaron

muestras duplicadas de gónada y hepatopáncreas y se mantuvieron congeladas a - 80°C a la espera de los correspondientes análisis. Con el resto se formaron 4 grupos de 6 centollos cada uno (tres machos y tres hembras) y se depositaron en tanques de cultivo. Durante 4 meses se los alimentó con distintas dietas proporcionadas a saciedad y en una sola toma al día, y a los cuatro meses se sacrificaron los animales, se extrajeron las correspondientes muestras de gónada y hepatopáncreas y se analizó el contenido lipídico, junto a las muestras de los silvestres. Las dietas que se utilizaron, fueron:

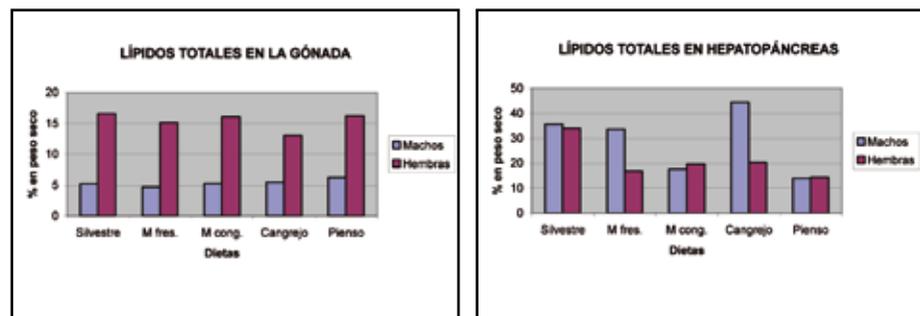
- Mejillón fresco.
- Mejillón congelado.
- Cangrejo verde congelado (*Carcinus maena*)
- Un pienso comercial para langostinos.

En la [tabla 1](#) y [figuras 3 y 4](#) se ofrecen los resultados de lípidos totales en machos y hembras, de donde se pueden extraer interesantes conclusiones.

**Tabla 1.** Contenido lipídico de la gónada y hepatopáncreas en machos y hembras.

	Gónada				Glándula digestiva				
	Machos		Hembras		Machos		Hembras		
	% P sec	desv	% P sec	desv	% P sec	desv	% P sec	desv	
Silvestre	5,2	1,6	16,6	5,0	Silvestre	35,7	7,7	34,0	3,2
M fres.	4,7	0,9	15,1	2,5	M fres.	33,6	7,6	16,8	8,7
M cong.	5,2	0,8	16,1	6,4	M cong.	17,7	11,1	19,6	10,5
Cangrejo	5,5	1,0	13,0	4,7	Cangrejo	44,5	7,1	20,2	6,5
Pienso	6,2	0,4	16,2	5,5	Pienso	14,1	12,2	14,3	5,6

**Figuras 3 y 4:** Contenido lipídico en la gónada y hepatopáncreas de machos y hembras



## A. Gónada

En la gónada es donde mejor se reflejan las diferencias nutricionales entre sexos, pues los espermatozoides son células germinales de corta vida, que no van a necesitar reservas alimenticias y durante la espermatogénesis no se van a demandar excesivos aportes de nutrientes. Es coherente pues, que el contenido lipídico de la gónada masculina sea muy bajo (del orden del 5% del peso seco del animal) y similar entre los distintos tratamientos y el salvaje.

Por su parte, las hembras sí necesitan dotar a los óvulos de reservas nutritivas suficientes para el desarrollo del huevo y la posterior alimentación del embrión y se espera que el contenido lipídico del ovario sea alto, para cubrir estas necesidades. Los resultados confirman la hipótesis, pues se detectan diferencias bastante significativas entre machos y hembras, del orden de tres veces más de lípidos en la gónada femenina que en la masculina.

Por tanto, el contenido en lípidos de la glándula masculina, no es un buen indicador del estado nutricional de los animales, lo que se corrobora por la enorme similitud con el silvestre. El caso de las hembras es similar. También existe una enorme similitud, sin embargo, la alta dispersión de los datos, que se refleja en una elevada desviación típica (5,0), hace pensar que el contenido lipídico de la gónada no es muy estable, sino que depende en gran medida de su estado de maduración. Hembras con huevos muy maduros, presentarían una gónada con un alto contenido lipídico, mientras que si la hembra acaba de realizar la puesta y la gónada se encuentra en las primeras fases de maduración, el contenido lipídico sería más bajo. En estas circunstancias, los lípidos en la gónada femenina tampoco es un índice fiable del estado nutricional.

## B. Hepatopáncreas

El contenido lipídico de la glándula digestiva es el parámetro que mejor refleja el estado nutricional de los adultos y de hecho así ocurre en los machos. Aplicando la estadística con un nivel de probabilidad de acierto superior al 99,95% ( $P < 0,05$ ), se pueden diferenciar dos grupos: El mejillón fresco y el cangrejo congelado (33,6% y 44,5%), funcionan como una buena dieta similar al silvestre (35,7%), mientras que el mejillón congelado y el pienso para langostinos (17,7% y 14,1%), proporcionan un estado nutricional de peor calidad que el silvestre. Ambos resultados coinciden con los obtenidos para el crecimiento de juveniles alimentados con estas dietas, confirmándose que el mejillón fresco es la mejor dieta que se

les puede dar a los centollos para su crecimiento en cautividad. Por su parte, a pesar de que no hay diferencias significativas entre el silvestre y los alimentados con cangrejo congelado, la desviación de casi 9 puntos porcentuales superior al silvestre, hace pensar que esta dieta es demasiado grasa y podría inferir un mal crecimiento en juveniles.

Asimismo, se confirma que la congelación afecta a la calidad nutritiva del mejillón. Sin embargo, la alta desviación típica entre los datos (superior a 11 puntos) sugiere que el tiempo de congelación es un factor a tener en cuenta, siendo el caso que mejillones con escaso tiempo de congelación, funcionarían mejor que los que llevaran más tiempo congelados.

Finalmente, el pienso para langostinos funciona de manera similar al mejillón congelado, aunque en este caso pueden haber interferido otros factores, al margen de la propia calidad nutritiva de esta dieta. El pienso para langostinos fue concebido para animales más pequeños que el centollo y su granulometría adaptada al tamaño de sus pinzas, lo que resulta pequeña para pinzas tan grandes y potentes como las del centollo. En estas condiciones la captura del alimento resulta de una gran dificultad para los animales y se observó que la ingesta de alimentos disminuía con respecto a las demás dietas. Para soslayar este problema, se hicieron varias pruebas para agregación de los pellets en gránulos mayores mediante la utilización de aglutinantes (alginato, agar-agar, gelatina), sin embargo, los resultados obtenidos tampoco fueron demasiado satisfactorios, pues no se encontró una consistencia adecuada para el gránulo y se deshacía al cogerlo con las pinzas. En estas condiciones de ingesta, no puede descartarse que el bajo perfil nutricional de los centollos que fueron alimentados con pienso para langostinos, pueda ser debido a un estado de malnutrición causado por la falta de ingesta de los alimentos.

El caso de las hembras es bastante singular. No se detectaron diferencias entre tratamientos y todas quedaron por debajo del estado nutricional del silvestre, incluidas las dietas que funcionaron bien en los machos y juveniles. La explicación a este hecho, puede venir de una interrelación entre el hepatopáncreas y la glándula digestiva. Se detectó que hay una correlación positiva entre el contenido en lípidos neutros en ambos órganos, con un coeficiente de correlación Pearson igual a 0.589 ( $P=0.044$ ), lo que indica que hay una transferencia de lípidos entre la gónada y el hepatopáncreas, en la que esta última actúa como órgano de reserva de lípidos para la gónada.

Las hembras silvestres, con una alimentación omnívora y completa, no demandarían lípidos de la glándula digestiva más que en casos puntuales y su nivel lipídico sería muy estable y similar al de los machos. Sin embargo, cuando se les proporciona dietas uniespecíficas, más o menos incompletas, la necesidad de lípidos de la gónada sería muy alta para mantener el nivel óptimo para la ovogénesis y esta demanda sería cubierta desde el hepatopáncreas. Este constante trasiego de lípidos hacia la gónada, se reflejaría en una deficiencia en el hepatopáncreas. Es interesante resaltar, que los procesos reproductivos son siempre prioritarios en los seres vivos y todas las demás funciones se supeditan a ellos, aunque esto provoque una deficiencia nutricional en otros órganos somáticos.

### C. Clases lipídicas en hepatopáncreas

En la [tabla 2](#) y [figura 5](#) se muestran los datos en cuanto a clases lipídicas del hepatopáncreas de machos silvestres y de los alimentados con las cuatro dietas de referencia. Con relación a los lípidos neutros y clases lipídicas, se puede observar que ocurre lo mismo que con los lípidos totales, es decir, existen claramente dos grupos bien diferenciados: uno formado por los animales que recibieron dietas de mejillón fresco y cangrejo, con una composición lipídica muy similar al control (silvestre) y otro formado por los que recibieron dietas de pienso de crustáceos y mejillón congelado, entre los que se muestran carencias de lípidos de reserva en el hepatopáncreas. Asimismo, se observa que el hepatopáncreas más graso de los animales que recibieron una dieta de cangrejos, es debido básicamente a los lípidos de reserva, siendo las demás clases lipídicas muy similares al silvestre.

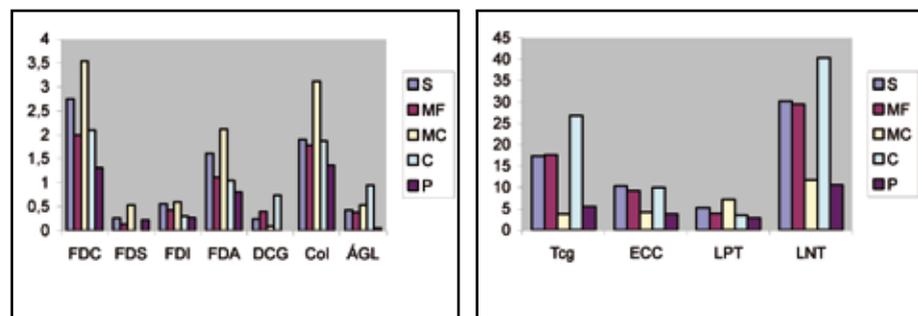
En las [tablas 3](#) y [4](#) y [figuras 6](#) y [7](#) se ofrecen los resultados relativos a las clases lipídicas del hepatopáncreas y gónada de hembras. De igual manera que los lípidos totales, en las clases lipídicas tampoco se observan diferencias significativas entre los cuatro tratamientos y el silvestre, tanto en gónada como en hepatopáncreas. Sólo los lípidos de reserva se muestran en mayor contenido en el hepatopáncreas de hembras silvestres.

**Tabla 2.** Clases lipídicas en hepatopáncreas de machos silvestres y alimentados con distintas dietas.

	Silvestre	M. Fresc.	M. Cong.	Cangrejo	Pienso
<b>FDC</b>	2,75 ± 0,25	1,99 ± 0,32	3,54 ± 3,54	2,1 ± 0,5	1,31 ± 0,75
<b>FDS</b>	0,26 ± 0,1	0,13 ± 0,12	0,53 ± 0,57	0 ± 0	0,22 ± 0,11
<b>FDI</b>	0,56 ± 0,12	0,43 ± 0,03	0,6 ± 0,58	0,3 ± 0,04	0,27 ± 0,11
<b>FDA</b>	1,61 ± 0,26	1,12 ± 0,14	2,12 ± 2,23	1,05 ± 0,33	0,81 ± 0,32
<b>DCG</b>	0,24 ± 0,09 b	0,4 ± 0,35 a,b,c	0,09 ± 0,15 b,c	0,74 ± 0,32 a	0 ± 0 c
<b>Col</b>	1,9 ± 0,1	1,78 ± 0,15	3,11 ± 3,38	1,87 ± 0,45	1,36 ± 0,87
<b>AGL</b>	0,43 ± 0,13	0,38 ± 0,66	0,53 ± 0,28	0,95 ± 0,26	0,05 ± 0,05
<b>Tcg</b>	17,32 ± 6,51 a	17,64 ± 5,12 a	3,79 ± 3,33 b	26,8 ± 2,58 a	5,48 ± 7,94 b
<b>ECC</b>	10,34 ± 2,63 a	9,26 ± 2,58 a,b	4,24 ± 0,54 b,c	9,96 ± 3,71 a	3,76 ± 3,47 c
<b>LPT</b>	5,28 ± 0,65	3,9 ± 0,56	7,18 ± 7,21	3,53 ± 0,86	2,81 ± 1,32
<b>LNT</b>	30,23 ± 9,29 a	29,46 ± 8,17 a	11,75 ± 2,08 b	40,33 ± 6,25 a	10,64 ± 12,2 b

Los resultados se presentan como % de peso seco ± desviación a,b y c: Grupos estadísticamente significativos.

**Figura 5:** Clases lipídicas en hepatopáncreas de machos silvestres y alimentados con distintas dietas



**FDC:** Fosfatidilcolina; **FDS:** Fosfatidilserina; **FDI:** Fosfatidilinositol; **FDA:** Fosfatidiletanolamina; **DCG:** Diacilglicerol; **Col:** Colesterol; **AGL:** Ácidos Grasos Libres; **Tcg:** Triacilglicerol; **ECC:** Éstares de cera y colesterol; **LPT:** Lípidos Polares Totales; **LNT:** Lípidos Neutros Totales.

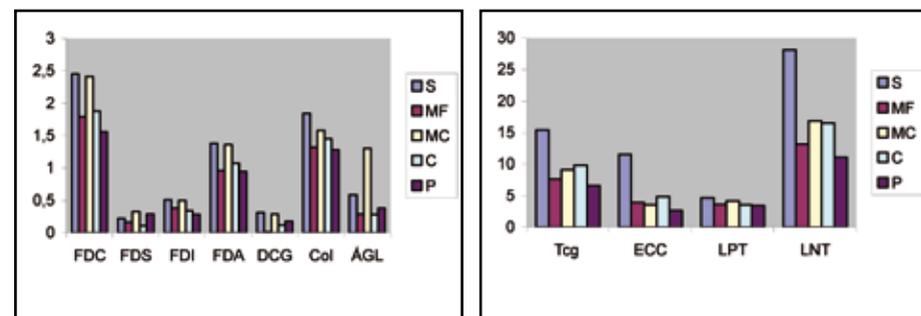
**S:** Silvestre; **MF:** Mejillón fresco; **MC:** Mejillón congelado; **C:** Cangrejo; **P:** Pienso.

**Tabla 3.** Clases lipídicas en hepatopáncreas de hembras silvestres y alimentadas con distintas dietas.

	Silvestre	M. Fresc.	M. Cong.	Cangrejo	Pienso
<b>FDC</b>	2,45 ± 0,29	1,79 ± 0,54	2,41 ± 0,88	1,88 ± 0,15	1,56 ± 0,31
<b>FDS</b>	0,22 ± 0,03	0,16 ± 0,14	0,33 ± 0,14	0,11 ± 0,1	0,29 ± 0,13
<b>FDI</b>	0,51 ± 0,01	0,38 ± 0,05	0,5 ± 0,16	0,34 ± 0,06	0,28 ± 0,11
<b>FDA</b>	1,38 ± 0,2	0,96 ± 0,15	1,36 ± 0,51	1,07 ± 0,07	0,95 ± 0,17
<b>DCG</b>	0,31 ± 0,17	0,01 ± 0,01	0,29 ± 0,28	0,12 ± 0,16	0,18 ± 0,2
<b>Col</b>	1,84 ± 0,18	1,32 ± 0,34	1,58 ± 0,47	1,45 ± 0,04	1,28 ± 0,08
<b>AGL</b>	0,59 ± 0,21	0,29 ± 0,39	1,3 ± 0,79	0,28 ± 0,28	0,38 ± 0,23
<b>Tcg</b>	15,38 ± 1,38	7,63 ± 5,91	9,13 ± 7,01	9,78 ± 5,4	6,6 ± 3,51
<b>ECC</b>	11,52 ± 8,72	3,9 ± 2,84	3,55 ± 2,72	4,84 ± 1,59	2,63 ± 1,21
<b>LPT</b>	4,68 ± 0,5	3,62 ± 0,78	4,15 ± 0,49	3,55 ± 0,13	3,44 ± 0,6
<b>LNT</b>	28,13 ± 1,58	13,13 ± 9,05	16,83 ± 11,6	16,47 ± 7,34	11,06 ± 5,18

Los resultados se presentan como % de peso seco ± desviación a,b y c: Grupos estadísticamente significativos.

**Figura 6.** Clases lipídicas en hepatopáncreas de hembras silvestres y alimentadas con distintas dietas.



**FDC:** Fosfatidilcolina; **FDS:** Fosfatidilserina; **FDI:** Fosfatidilinositol; **FDA:** Fosfatidiletanolamina; **DCG:** Diacilglicerol; **Col:** Colesterol; **AGL:** Ácidos Grasos Libres; **Tcg:** Triacilglicerol; **ECC:** Éstares de cera y colesterol; **LPT:** Lípidos Polares Totales; **LNT:** Lípidos Neutros Totales.

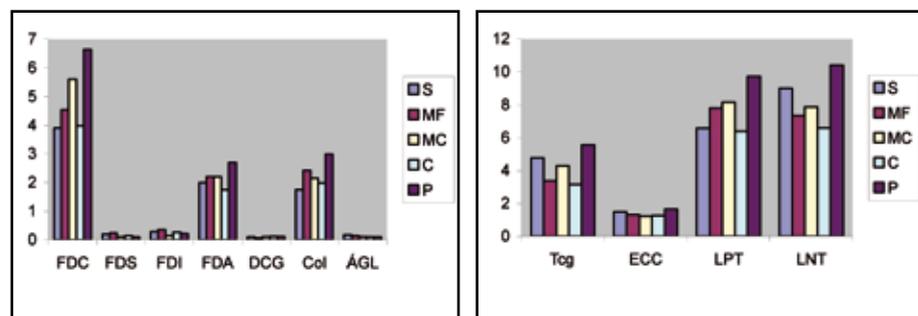
**S:** Silvestre; **MF:** Mejillón fresco; **MC:** Mejillón congelado; **C:** Cangrejo; **P:** Pienso.

**Tabla 4.** Clases lipídicas en gónada de hembras silvestres y alimentadas con distintas dietas.

	Silvestre	M. Fresc.	M. Cong.	Cangrejo	Pienso
<b>FDC</b>	3,9 ± 1,6	4,54 ± 1,19	5,6 ± 3,07	3,98 ± 1,97	6,63 ± 1,71
<b>FDS</b>	0,2 ± 0,13	0,23 ± 0,12	0,09 ± 0,08	0,14 ± 0,12	0,09 ± 0,08
<b>FDI</b>	0,28 ± 0,15	0,35 ± 0,06	0,14 ± 0,12	0,27 ± 0,02	0,22 ± 0,06
<b>FDA</b>	1,99 ± 0,7	2,2 ± 0,36	2,2 ± 0,93	1,75 ± 0,51	2,69 ± 0,61
<b>DCG</b>	0,09 ± 0,03	0,07 ± 0,06	0,1 ± 0,08	0,12 ± 0,02	0,11 ± 0,1
<b>Col</b>	1,76 ± 0,57	2,43 ± 0,65	2,16 ± 0,78	1,98 ± 0,51	2,99 ± 0,59
<b>AGL</b>	0,17 ± 0,05	0,14 ± 0,24	0,1 ± 0,17	0,09 ± 0,07	0,09 ± 0,16
<b>Tcg</b>	4,77 ± 2,34	3,37 ± 1,05	4,28 ± 2,26	3,15 ± 1,89	5,54 ± 0,83
<b>ECC</b>	1,48 ± 0,33	1,33 ± 0,48	1,23 ± 0,49	1,26 ± 0,72	1,65 ± 0,3
<b>LPT</b>	6,57 ± 1,93	7,79 ± 1,38	8,16 ± 3,72	6,38 ± 2,23	9,71 ± 2,34
<b>LNT</b>	8,97 ± 4,19	7,33 ± 1,38	7,87 ± 3,42	6,59 ± 3,04	10,38 ± 1,73

Los resultados se presentan como % de peso seco ± desviación a,b y c:  
Grupos estadísticamente significativos.

**Figura 7.** Clases lipídicas en gónada de hembras silvestres y alimentadas con distintas dietas.



**FDC:** Fosfatidilcolina; **FDS:** Fosfatidilserina; **FDI:** Fosfatidilinositol; **FDA:** Fosfatidiletanolamina; **DCG:** Diacilglicerol; **Col:** Colesterol; **AGL:** Ácidos Grasos Libres; **Tcg:** Triacilglicerol; **ECC:** Éstares de cera y colesterol; **LPT:** Lípidos Polares Totales; **LNT:** Lípidos Neutros Totales.

**S:** Silvestre; **MF:** Mejillón fresco; **MC:** Mejillón congelado; **C:** Cangrejo; **P:** Pienso

Si observamos el comportamiento global de los lípidos polares, vemos que los valores medios más altos corresponden a la gónada de hembras (7,72±2,84), seguido del hepatopáncreas de machos (4,54±3,23) y el hepatopáncreas de hembras (3,89±0,67), lo que es coherente con la función estructural de estos lípidos, pues como principales integrantes de las paredes celulares, deben ser más notorios en órganos en crecimiento, como la gónada femenina, y menos abundantes en el hepatopáncreas, que sólo actúa como órgano de reserva. También concuerda el hecho de que el hepatopáncreas en hembras disponga de menos lípidos polares que los machos, pues la continua actividad de la gónada provoca a su vez una continua transferencia de lípidos polares, que se traduce en una merma en el hepatopáncreas.

Por el contrario los lípidos neutros, cuya principal función es la de reserva, alcanzan sus valores más altos en el hepatopáncreas de los machos, donde están a disposición de cualquier función fisiológica que demande energía metabólica. El hepatopáncreas de hembras también tiene elevados niveles de lípidos neutros, pero la continua demanda de la gónada, que debe mantener un nivel lipídico alto, merma los lípidos del hepatopáncreas, lo que es coherente con las funciones de reserva de ese órgano.

#### 4.3. Técnicas de cultivo en celdillas individuales

El canibalismo puede ser un factor limitante para el cultivo del centollo. Casi el 58 % de los individuos muertos durante el experimento sobre densidades presentaron signos de canibalismo y aunque no pudo determinarse si había sido activo o pasivo, las tendencias canibales en esta especie son incuestionables. Asimismo, estos estudios establecieron una densidad óptima de 10 animales/m<sup>2</sup>, para centollos de dos meses de edad, lo que se considera una densidad baja por la gran demanda de espacio que necesitaría un cultivo industrial.

El cultivo individual en celdillas independientes eliminaría ambos problemas, pero el tamaño de las celdillas, el aislamiento y el tiempo de retención afectan al crecimiento de los crustáceos (Wilber & Wilber 1989; González-Gurriarán et al. 1998), por lo que cuantificar este efecto es un factor importante para la optimización del crecimiento. Teniendo presente estas cuestiones se planteó un nuevo trabajo que pretendía determinar: 1.- si el tamaño del espacio de confinamiento tiene efectos apreciables sobre el crecimiento de juveniles de centollo y 2.- comprobar si este efecto se mantiene en el tiempo y llega a influir sobre el tamaño que alcanza el individuo en la madurez, tras la muda terminal.

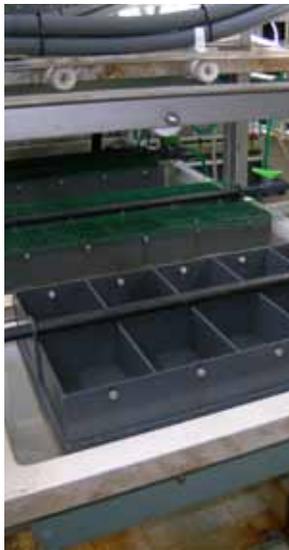
El experimento completo tuvo una duración de algo más de un año (485 días), hasta que todos los centollos alcanzaron la madurez y se desarrolló en dos fases. En la primera fase, de 135 días de duración, los animales se depositaron en tres tipos de celdillas para determinar si el tamaño afectaba al crecimiento. A los 7,5 meses se inició la segunda fase, mediante el traslado de todos los animales a un mismo tipo de celdillas, para comprobar si este efecto se mantenía en el tiempo hasta alcanzar la madurez y duró hasta que alcanzaron la madurez. Por tanto, el experimento completo abarcó todo el ciclo vital de los centollos hasta la edad adulta, lo que ocurrió en algo más de un año. No obstante, entre ambas fases hubo una fase intermedia de tres meses, durante la que los animales se mantuvieron en sus celdillas correspondientes para potenciar el efecto sobre el crecimiento.

#### 4.3.1. Primera fase.

El inicio del experimento se marcó tomando 150 juveniles de 15 días de edad y pesos comprendidos entre 6 y 10 mg. Se formaron tres grupos de 50 animales cada uno y cada grupo se depositó en un tipo de celdillas: Pequeñas (6 x 8 cm), Medianas (12 x 16 cm) y Grandes (35 x 27 cm).



Celdillas pequeñas.



Celdillas medianas.

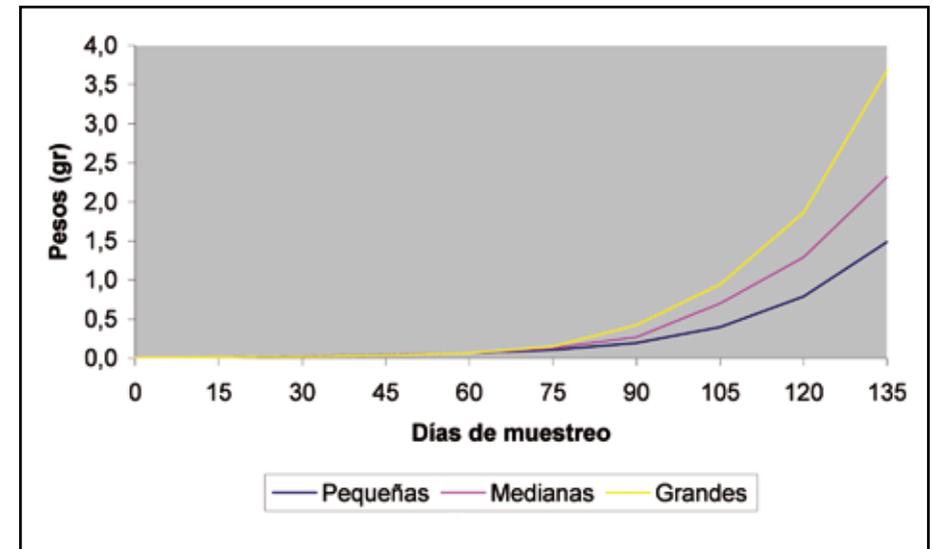


Celdillas grandes.

Diariamente se registraba la mortalidad y existencia de mudas y cada 15 días se tomaban datos biométricos individuales (peso y longitud del caparazón). Como alimento se proporcionó mejillón fresco a saciedad en una sola toma al día. En la [tabla 5](#) y [figura 8](#) se muestran los resultados de cómo fue evolucionando el peso durante el experimento.

**Tabla 5 y Figura 8.** Evolución de los pesos medios durante la primera fase.

EVOLUCION DE LOS PESOS MEDIOS (g)												
Cel. / Días	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	TC	Dsv
Pequeñas	0,007	0,013	0,022	0,039	0,066	0,106	0,196	0,399	0,791	1,489	3,7	0,5
Medianas	0,007	0,013	0,021	0,032	0,066	0,134	0,268	0,701	1,292	2,321	4,3	0,4
Grandes	0,007	0,014	0,020	0,035	0,068	0,153	0,426	0,944	1,867	3,681	4,6	0,4



Partiendo de unos pesos iniciales de 0,007 g, la evolución del crecimiento durante los 60 primeros días de cultivo, fue completamente indistinguible en los tres tipos de celdillas, sin que se registrara influencia alguna del tamaño. Sin embargo, a partir de los 75 días de cultivo (animales con 82 días edad), se empiezan a manifestar las diferencias entre grupos y lo hacen de manera brusca entre las celdillas más extremas, las pequeñas y grandes, cuyas diferencias se

manifiestan estadísticamente significativas. Estas diferencias se fueron ampliando progresivamente y en la siguiente quincena (90 días de cultivo) se muestran diferencias estadísticamente significativas entre las celdillas medianas y grandes y a los 105 días de cultivo, se diferenciaron entre sí las pequeñas y medianas. La evolución del crecimiento fue, pues, distinta en cada grupo, alcanzándose valores finales de  $1,489 \pm 0,9$  g,  $2,321 \pm 1,0$  g y  $3,681 \pm 1,5$  g, en las celdillas P, M y G respectivamente.

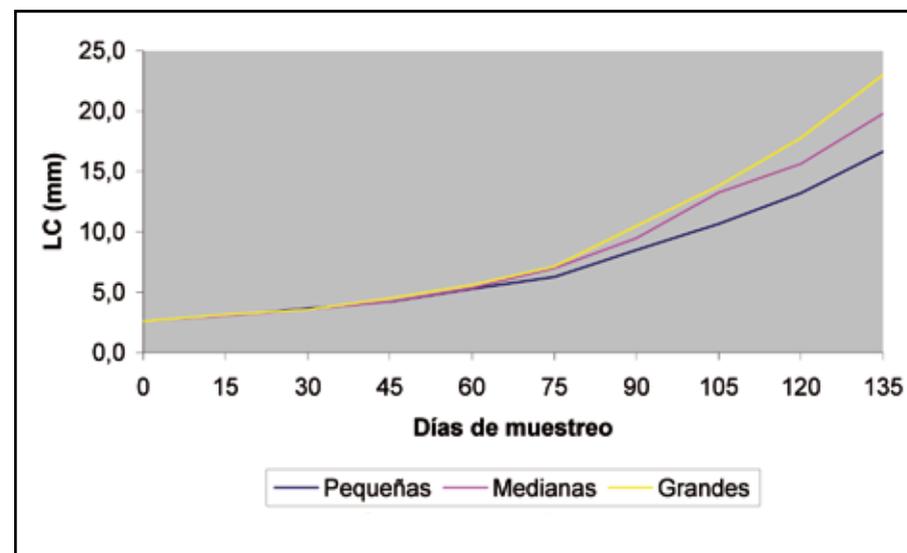
Las tasas de crecimiento fueron muy satisfactorias, del orden de  $4,6 \pm 0,4$  %Pd<sup>-1</sup>, similares a las obtenidas por otros autores en las mismas condiciones de cultivo y misma alimentación. Asimismo, la supervivencia en torno al 70% también es bastante aceptable si consideramos que una gran parte del restante 30% de mortalidad, pudo haber sido inducido por el intenso manejo al que fueron sometidos animales tan pequeños, durante los reiterados procesos de pesado y medida del caparazón. Según Iglesias *et al.* (2002), los efectos de la manipulación sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de centollo, son muy considerables durante los primeros estadios del ciclo de vida.

Estos datos comparativos nos hacen concluir que el cultivo en celdillas individuales es muy apropiado para juveniles de centollo. Además, con relación a las densidades de cultivo, el uso de celdillas individuales permitiría incrementarla considerablemente. En el experimento sobre densidades se estableció una densidad óptima de 11 centollos m<sup>2</sup> para cultivos colectivos y siendo el caso que en cada metro cuadrado caben 52 celdillas medianas y 208 pequeñas, se quintuplica la densidad óptima en las celdillas M y la multiplica por un factor de 19, en el caso de las pequeñas.

Desde el punto de vista de la longitud del caparazón (LC), los resultados se muestran en la [tabla 6](#) y [figura 9](#). En este caso también se observa que el mayor crecimiento corresponde a las celdillas grandes y el menor a las pequeñas, aunque las diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) aparecen con una cadencia distinta. Se inician con 15 días de retraso con respecto al peso, a los 90 días de cultivo, entre las celdillas más diferentes (pequeñas y grandes). En el siguiente muestreo (105 días de cultivo) las diferencias estadísticamente significativas aparecen entre las pequeñas y medianas y finalmente, a los 120 días de cultivo se diferencian los tres grupos entre sí. Las longitudes del caparazón que se alcanzaron al final del experimento fueron de  $16,6 \pm 3,9$  mm,  $19,8 \pm 3,4$  mm y  $23,0 \pm 3,7$  mm lo que supone que los animales crecieron a unas tasas de  $1,35 \pm 0,2$  %LCd<sup>-1</sup>,  $1,57 \pm 0,2$  %LCd<sup>-1</sup> y  $1,65 \pm 0,2$  %LCd<sup>-1</sup>, respectivamente para en cada celdilla.

**Tabla 6 y Figura 9.** Evolución de la longitud del caparazón durante la primera fase.

EVOLUCION DE LA LONGITUD DEL CAPARAZON MEDIA (mm)												
Cel. / Dias	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	TC	Desv
Pequeñas	2,6	3,1	3,7	4,2	5,3	6,3	8,5	10,7	13,2	16,6	1,3	0,2
Medianas	2,6	3,1	3,6	4,2	5,3	7,0	9,5	13,3	15,6	19,8	1,6	0,2
Grandes	2,6	3,1	3,6	4,5	5,6	7,1	10,5	13,8	17,8	23,0	1,6	0,2



Sánchez *et al.* (2007), estudiando el crecimiento con distintas dietas obtuvieron centollos de 10,8 mm de longitud del caparazón a los 125 días de edad, con la mejor de ellas (cangrejo) y refieren un período de intermudas entre 20 y 40 días para juveniles de dos a seis meses de edad. Nosotros, en el muestreo correspondiente a los 105 días de cultivo, cuando los animales contaban con 130 días de edad, conseguimos centollos de 10,7 mm en el peor de los casos (celdillas pequeñas) y 13,8 mm en el mejor (celdillas grandes). Atendiendo a estos datos comparativos se ratifica que la utilización de celdillas individuales, es una técnica muy aceptable para el cultivo de juveniles de centollo.

Predecir en qué momento el tamaño de la celdilla va a tener influencias sobre el crecimiento, es una cuestión importante que permitiría anticiparse a sus efectos y actuar en consecuencia. Para ello se ha estudiado la relación "tamaño de

animal/tamaño de la celdilla ( $T_A/T_C$ ), desde diversos puntos de vista. El tamaño del animal se ha expresado tanto en peso como en longitud del caparazón y el tamaño de la celdilla se ha representado por sus cuatro parámetros dimensionales: Diagonal (D), lado mayor (L), lado menor (I) y superficie (S). Como se observa en la [tabla 7](#), si  $T_A$  se representa por la longitud del caparazón y  $T_C$  por cualquiera de los tres parámetros lineales de la celdilla (diagonal, lado mayor o lado menor), el cociente en ambos tipos de celdillas es el mismo, con un grado de significación superior al 95% ( $P=0,952$ ).

**Tabla 7.** Relación longitud del caparazón / tamaño de la celdilla.

RELACION LC / TAMANO CELDILLA							
LC/D		LC/L		LC/I		LC/S	
Cel P(75)	Cel M(105)	Cel P(75)	Cel M(105)	Cel P(75)	Cel M(105)	Cel P(75)	Cel M(105)
0,06445±0,1	0,06465±0,1	0,08056±0,2	0,08081±0,2	0,10742±0,2	0,10775±0,2	0,1342±0,0	0,0673±0,0
0,645±0,1 P=0,952		0,807±0,2 P=0,952		1,076±0,2 P=0,952		1,02±0,0 P=1,5*10 <sup>-17</sup>	

**LC:** Longitud del caparazón; **D:** Diagonal de la celdilla; **L:** Lado mayor de la celdilla; **I:** Lado menor de la celdilla; **S:** Superficie de la celdilla; **Cel P (75):** Día 75 en las celdillas pequeñas; **Cel M(105):** Día 105 en las celdillas medianas; **P:** Estadístico resultante de la prueba t-student.

Por tanto se puede concluir que en el momento inmediatamente anterior a que se manifiesten los efectos de la celdilla sobre el crecimiento, el cociente  $LC/T_C$  adopta el mismo valor en ambos tipos de celdillas, si  $T_C = D, L$  o  $I$ . En cada caso, el valor obtenido fue de 0,06455, 0,08068 y 0,10758, lo que quiere decir que cuando la relación  $LC/D, LC/L$  o  $LC/I$  iguale o supere respectivamente esos valores, el tamaño de la celdilla va a tener efectos adversos sobre el crecimiento. En las celdillas grandes, la relación  $LC/T_C$  no llegó a alcanzar estos umbrales en ningún momento, obteniéndose unos valores finales de 0,0521±0,01; 0,0658±0,1 y 0,0852±0,1, respectivamente para  $D, L$  y  $I$ , que son estadísticamente menores que los anteriores, indicando que en las celdillas G hubo un crecimiento libre, sin que existiera el efecto del tamaño de la celdilla.

Por su parte, resultó además, que todos los parámetros lineales de la celdilla ( $D, L$  y  $I$ ), muestran el mismo grado de igualdad entre los cocientes, lo que se manifiesta en que el estadístico  $P$  adquiere exactamente el mismo valor si calculamos el cociente

en función de la diagonal, el lado mayor o el lado menor, es decir  $P_D=P_L=P_I=0,953$ , para la LC y  $P_D=P_L=P_I=0,941$ , para el peso. Esto parece indicar que el efecto sobre el crecimiento no depende de la forma de la celdilla, aunque esta hipótesis habría que certificarla con experimentos específicos para estudiar este aspecto.

Si el tamaño de la celdilla lo representamos por la superficie, no ocurre lo mismo. En este caso el estadístico  $P$  es del orden de  $10^{-15}$ , mostrando que el parámetro  $T_A/S$  es muy diferente en las celdillas P y M. Además, en todos los casos se cumple que  $LC/T_C$  es muy pequeño, del orden de uno a diez en el mejor de los casos (lado menor), lo que indica que en el momento en que el tamaño de la celdilla tiene influencias sobre el crecimiento, el lado menor es diez veces mayor que la longitud del caparazón, es decir, que aún existe un considerable espacio para su movimiento. Todo esto sugiere que el animal no está condicionado por la forma de la celdilla ni por el espacio libre que dispone a su alrededor, sino más bien por la existencia de barreras que pueden limitar su movimiento, es decir, por un posible estrés por encerramiento o claustrofobia. Esta puede ser una interesante hipótesis de partida para próximos trabajos y comprobar si la utilización de materiales que atenúen esa sensación de encerramiento (transparentes o reflectantes), puede disminuir el efecto limitante de las celdillas y aumentar la capacidad de ahorro de espacio en la industria productora.

En la [tabla 8](#) se puede observar que el peso sigue el mismo patrón que la longitud del caparazón, si bien, en este caso el grado de significación es algo menor y no llega al 95% ( $P=0,941$ ).

**Tabla 8.** Relación peso / tamaño de la celdilla.

RELACION PESO / TAMANO DE LA CELDILLA							
Peso/D		Peso/L		Peso/I		Peso/S	
Cel P(60)	Cel M(75)	Cel P(60)	Cel M(75)	Cel P(60)	Cel M(75)	Cel P(60)	Cel M(75)
0,0066±0,0	0,0067±0,0	0,0083±0,0	0,0084±0,0	0,0110±0,0	0,0112±0,0	0,0014±0,0	0,0007±0,0
0,0067±0,0 P=0,941		0,0083±0,0 P=0,941		0,0111±0,0 P=0,941		0,0011±0,0 P=0,0000009	

**P:** Peso; **D:** Diagonal de la celdilla; **L:** Lado mayor de la celdilla; **I:** Lado menor de la celdilla; **S:** Superficie de la celdilla; **Cel P (60):** Día 60 en las celdillas pequeñas; **Cel M(75):** Día 75 en las celdillas medianas; **P:** Estadístico resultante de la prueba t-student.

Con respecto a la supervivencia, en cada tipo de celdillas fue muy similar, del orden del 68%, 70% y 72%, respectivamente para las celdillas P, M y G. El número medio de veces que mudaron, fue significativamente menor ( $P<0,05$ ) en las celdillas P que en las M y G y en concordancia con lo anterior, el período de intermudas, definido como el número medio de días transcurridos entre dos mudas consecutivas, fue significativamente menor ( $P<0,05$ ) en las celdillas pequeñas que en las grandes, aunque no en las medianas, cuyo período de intermudas no se diferenció estadísticamente de los otros dos tipos de celdillas. Estos datos se recogen en la [tabla 9](#).

**Tabla 9.** Datos relacionados con la primera fase del experimento.

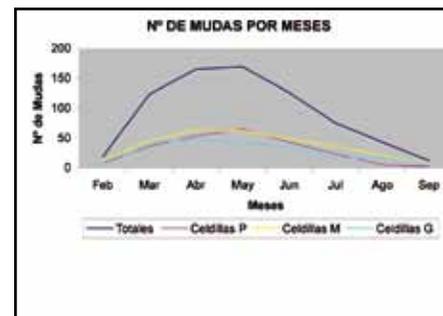
Supervivencia			Nº medio de mudas / individuo			Intermudas (días)		
Cel P	Cel M	Cel G	Cel P	Cel M	Cel G	Cel P	Cel M	Cel G
68 %	70 %	72 %	5,2±0,9	5,8±0,7	5,8±1,1	18,4±5,2	17,7±5,8	15,6±5,7

#### 4.3.2. Fase intermedia.

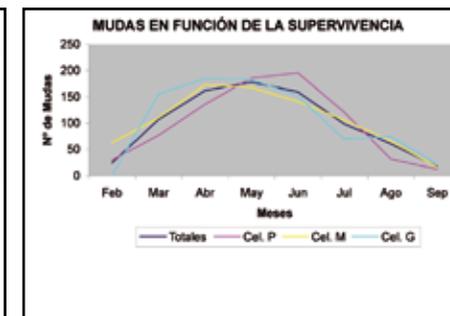
Finalizado el experimento y para potenciar el efecto de confinamiento, se mantuvo a los animales en sus correspondientes celdillas durante tres meses más. Durante este período de 7,5 meses totales, se siguió tomando datos sobre mudas y mortalidad a fin de determinar la estacionalidad de las mudas, resultando que el número de mudas por meses siguió una distribución normal ([Tabla 10](#), [Fig. 10 A](#)), con un pico en el mes mayo, en el que se produjeron 169 mudas totales, seguido muy de cerca por el mes de abril, con 165.

**Tabla 10 y Figura 10.** Estacionalidad de la muda.

	Nº DE MUDAS POR MESES											
	TOTALES			CELDILLAS P			CELDILLAS M			CELDILLAS G		
	Mudas	Vivos	M/V	Mudas	Vivos	M/V	Mudas	Vivos	M/V	Mudas	Vivos	M/V
Feb	18	75	24,0	8	27	29,6	10	16	62,5	0	32	0,0
Mar	123	115	107,0	36	47	76,6	45	41	109,8	42	27	155,6
Abr	165	102	161,8	53	39	135,9	64	37	173,0	48	26	184,6
May	169	95	177,9	65	35	185,7	62	37	167,6	42	23	182,6
Jun	126	79	159,5	43	22	195,5	48	34	141,2	35	23	152,2
Jul	75	76	98,7	23	19	121,1	36	34	105,9	16	23	69,6
Ago	43	71	60,6	5	16	31,3	21	32	65,6	17	23	73,9
Sep	12	71	16,9	2	16	12,5	5	32	15,6	5	23	21,7



**A**



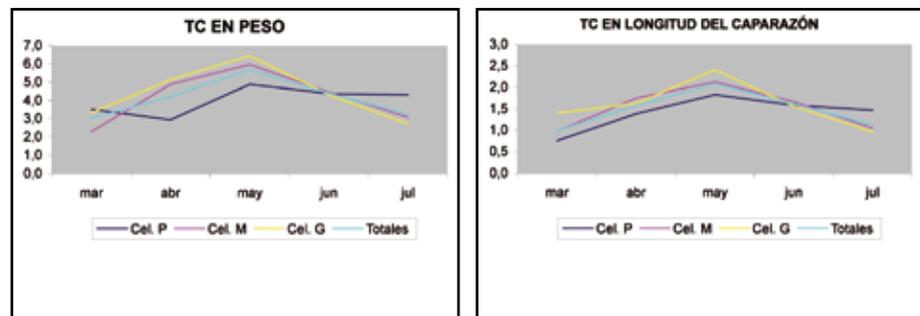
**B**

No obstante, el número de mudas también depende del número de animales que existen, por lo que la curva sobre estacionalidad debe corregirse con el factor de supervivencia. Esto se recoge en la [tabla 10](#), [figura 10 B](#), que representa la estacionalidad de la muda en tanto por ciento. En este caso los resultados reproducen lo anterior. La curva continúa teniendo una distribución normal, con un pico en el mes de mayo, en el que las 169 mudas se distribuyeron para un total de 95 animales vivos (1,78 mudas/individuo), seguido por el mes de abril (1,62 mudas/individuo) y junio (1,59 mudas/individuo). Este pico en el mes de mayo se confirma, además, con las tasas de crecimiento, que van progresivamente aumentando hasta alcanzar un máximo en este mes ( $5,7\pm 1,7\%Pd^{-1}$  y  $2,1\pm 0,7\%LCD^{-1}$ ), a partir del cual vuelven a decrecer. La tendencia ocurre tanto en peso como en longitud del caparazón ([tabla 11](#) y [figura 11](#)).

**Tabla 11.** Estacionalidad de las tasas de crecimiento.

	TASAS DE CRECIMIENTO EN PESO					TASAS DE CRECIMIENTO EN LC				
	mar	abr	may	jun	jul	mar	abr	may	jun	jul
Cel. P	3,5±2,3	2,9±1,8	4,9±1,5	4,0±1,8	4,3±1,7	0,8±0,6	1,4±0,6	1,8±0,6	1,6±0,7	1,5±0,6
Cel. M	2,3±2,4	4,9±1,9	6,0±1,5	4,4±1,2	3,1±1,3	1,0±0,8	1,7±0,9	2,1±0,8	1,7±0,5	1,0±0,5
Cel. G	3,3±2,1	5,1±2,3	6,4±2,1	4,3±1,1	2,7±1,3	1,4±0,8	1,6±1,1	2,4±0,8	1,6±0,5	1,0±0,6
Media	3,0±2,3	4,2±2,2	5,7±1,7	4,4±1,4	3,3±1,5	1,0±0,8	1,6±0,9	2,1±0,7	1,6±0,6	1,1±0,6

**Figura 11.** Estacionalidad de las tasas de crecimiento.



El hecho más destacable fue la enorme variabilidad que existe en el número y amplitud de las mudas, aún si consideramos un mismo individuo. Intermudas cortas y largas se dieron indistintamente en los tres tipos de celdillas y contra lo esperado, no ha podido establecerse una relación directa entre la intermuda y edad, siendo el caso que intermudas cortas y largas se dieron a todas las edades de los animales.

En este período, la intermuda fue muy variable en cuanto a duración, oscilando entre extremos muy amplios, de dos a 66 días, con un período medio de  $20,3 \pm 8,6$  días. Sin embargo, estos casos extremos fueron muy aislados y casi el 90% de las intermudas osciló en una horquilla de 10 a 35 días, con un período medio de intermuda de  $19,7 \pm 6,1$  días. Asimismo, las frecuencias que más se repitieron (57,7% de los casos) se agruparon en un estrecho margen comprendido entre 14 y 21 días, con una media de  $17,1 \pm 2,3$  días.

#### 4.3.3. Segunda fase.

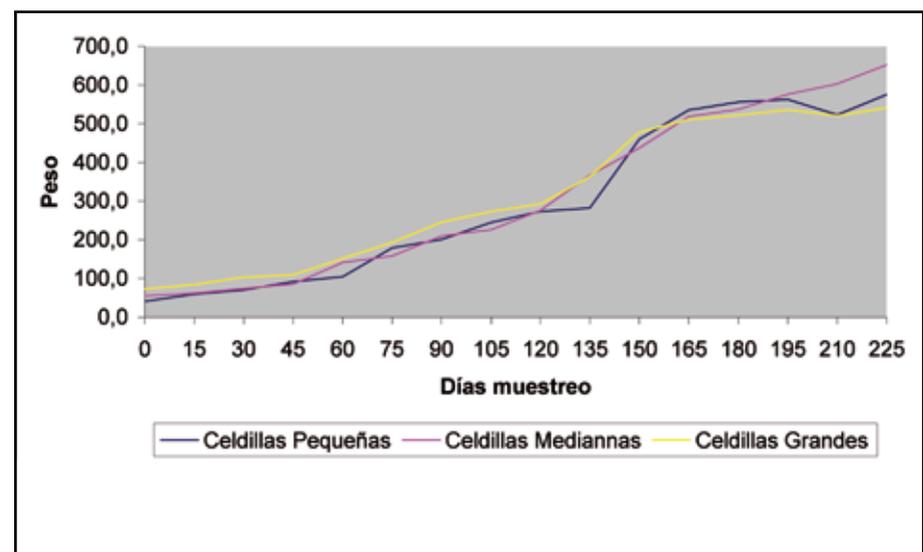
La segunda fase del experimento se inició en agosto, a los 7 meses y medio de edad de los animales, trasladándolos a las celdillas grandes. El método de cultivo y las condiciones de trabajo continuaron siendo idénticas ( $T=20 \pm 2^\circ\text{C}$ , alimentación mejillón fresco, control diario de mudas y mortalidad y determinación del peso y longitud del caparazón cada 15 días) y así se mantuvieron los animales hasta que alcanzaron la edad adulta.

Al inicio de esta segunda fase, los animales tenían unos pesos de  $26,84 \pm 10,8$  g,  $33,28 \pm 10,8$  g y  $43,92 \pm 10,6$  g, para los centollos que habían permanecido en las celdillas pequeñas, medianas y grandes, respectivamente y las longitudes de caparazón, de  $46,0 \pm 7,3$  mm,  $50,3 \pm 6,8$  mm y  $55,8 \pm 5,2$  mm. A los 225 días se finalizó el experimento, cuando todos los centollos habían realizado la muda terminal. Los pesos alcanzados en ese momento final fueron de  $575,2 \pm 128,1$  g,  $652,3 \pm 140,8$  g y  $541,3 \pm 168,1$  g para los centollos con histórico de confinamiento en celdillas P, M y G y las longitudes del caparazón de  $126,4 \pm 8,6$  mm,  $130,4 \pm 9,5$  mm y  $121,7 \pm 11,7$  mm, habiendo desaparecido las diferencias estadísticamente significativas que se detectaron en la primera fase. Las curvas de crecimiento con respecto a estos dos parámetros, se ofrecen en la [tabla 12](#) y [figura 12](#).

**Tabla 12 y Figura 12.** Evolución del crecimiento según el histórico de confinamiento. Peso y longitud del caparazón.

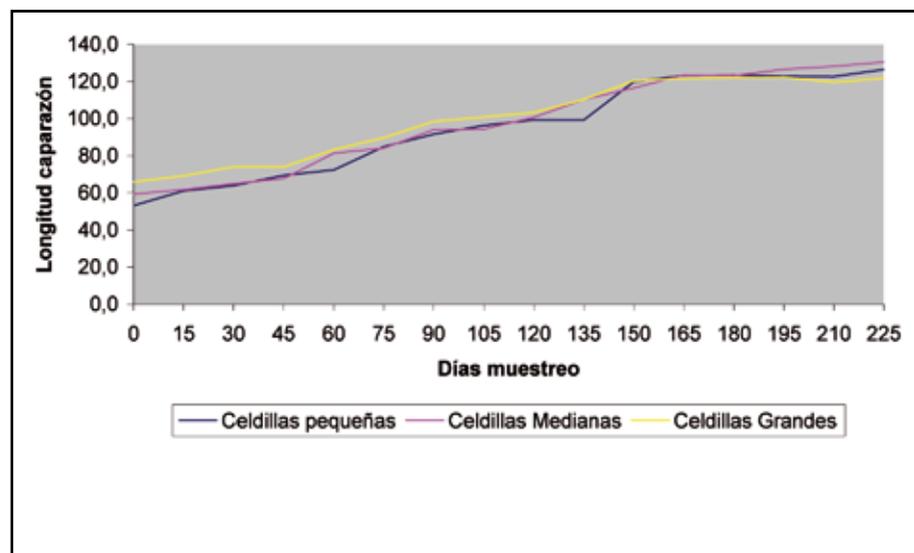
#### Peso.

Edad (d)	260	275	290	305	320	335	350	365	380	395	410	425	440	455	470	485
Muestreo	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Celd. P	40,8	59,7	70,5	91,5	104,7	178,9	200,8	244,8	273,4	282,0	459,9	535,3	556,1	562,7	522,9	575,2
Celd. M	54,7	61,9	74,2	85,0	141,6	158,5	209,9	225,8	275,9	366,7	437,5	518,4	537,2	575,8	603,2	652,3
Celd. G	73,0	83,8	103,6	109,4	152,0	193,1	245,6	273,2	292,4	362,6	478,1	510,5	622,0	536,3	520,6	541,3



## Longitud del caparazón.

Edad (d)	260	275	290	305	320	335	350	365	380	395	410	425	440	455	470	485
Muestreo	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Celd. P	53,1	61,1	63,9	69,4	72,4	84,9	91,6	96,3	99,3	99,2	119,8	123,2	123,5	122,8	122,7	126,4
Celd. M	59,3	61,8	65,0	67,6	81,3	84,1	94,0	94,3	100,7	110,3	116,5	123,5	123,2	126,5	128,1	130,4
Celd. G	65,9	69,1	74,0	74,0	83,3	89,7	96,5	100,8	103,3	110,3	120,3	121,6	122,0	122,3	119,5	121,7



El reconocimiento de la madurez en los centollos es fácil, pues estos animales tienen lo que se denomina la Muda Terminal, tras la cual se alcanza la madurez sexual y al animal deja de crecer. En las hembras la muda terminal se distingue fácilmente y sin género de dudas, pues el abdomen se hace notoriamente más redondeado y abombado para recoger las puestas, dándose incluso casos de encontrar hembras ovigeras tras la muda terminal aún permaneciendo el animal en aislamiento, es decir, sin contacto con macho alguno. En los machos la muda terminal es menos notoria, aunque se reconoce porque cambia la proporción entre los artejos del primer par de patas, en el que el segmento distal (pinza) se hace notoriamente mayor que los demás artejos y el abdomen más estrecho y alargado.

Los pesos y longitudes del caparazón que se alcanzaron al final del experimento fueron inferiores a los esperados. Estuvieron entorno a los 600 gr de peso y 126 mm de longitud del caparazón, tallas consideradas pequeñas para esta especie. Sólo en un caso se superó los 1.000 gr de peso y 140 mm de longitud del caparazón, mientras que en el 28% de los casos, el animal no alcanzó la talla mínima de 120 mm que determina el Reglamento CEE 3094/86, por el que establecen las tallas mínimas de captura para diversas especies de interés pesquero.

Este escaso crecimiento podría considerarse un mal resultado, sin embargo, puede tener explicación si acudimos a la relación  $LC/T_c$ , hallada en la primera fase. Al final del experimento los cocientes  $LC/T_c$  alcanzaron valores de 0,285; 0,36 y 0,467, para D, L y I, respectivamente, que superan los considerados umbrales para evitar el efecto sobre el crecimiento (0,06455; 0,08068 y 0,10758, respectivamente para D, L y I). Esto viene a significar, que el efecto de estrés por confinamiento también se dejó sentir en las celdillas grandes y afectó al crecimiento final de los animales. Si considerando la talla mínima de captura que establece el Reglamento CEE 3094/86 (120 mm), podemos calcular el tamaño mínimo que deberían haber tenido las celdillas grandes para evitar el efecto de confinamiento, mediante la simple aplicación de la relación  $LC/T_c$ . En este caso, las celdillas grandes tendrían que haber sido diseñadas con unas dimensiones no inferiores a 1,5 m de lado mayor y 1,1 m de lado menor, unas dimensiones excesivas incluso para trabajar a escala experimental. Cabe pues deducir que el sistema de cultivo en celdillas individuales tiene excelentes resultados en juveniles de centollo, pero cuando superan un determinado tamaño, el espacio que demandarían las celdillas puede ser inviable para continuar con este sistema de cultivo.

La opción que se presenta es que una vez superadas las fases más jóvenes de los animales, donde el cultivo en celdillas individuales obtiene buenos resultados, pasar a un cultivo conjunto en grandes tanques colectivos. No obstante, otra opción a considerar es continuar la investigación en esta misma línea, mediante la utilización de materiales que puedan disminuir el estrés por encerramiento.

En la [tabla 13](#) se dan algunos parámetros relacionados con la muda terminal. La edad media en cada uno de los casos fue de 401,9±39,8 días, 414,0±35,2 días y 390,2±40,0 días (procedencia: celdillas P, M y G), sin que existan diferencias estadísticamente significativas entre ellas y resultando finalmente que en nuestras condiciones, los animales alcanzaron la madurez sexual y tamaño comercial con una media de 405±38 días, es decir, en sólo algo más de un año.

**Tabla 13.** Datos biométricos relacionados con la muda terminal.

	Histórico P	Histórico M	Histórico G	Totales
<b>UPI (d)</b>	60,4±12,0	67,8±10,1	71,7±17,0	67,3±13,2
<b>PA (g)</b>	250,89±76,6	268,36±73,4	232,17±79,0	253,9±75,5
<b>PD (g)</b>	523,42±169,6	580,44±144,1	487,79±152,8	540,8±154,0
<b>Inc (%)</b>	108	116	110	113
<b>TC (%Pd<sup>-1</sup>)</b>	73,0±18,0	77,6±8,1	75,3±12	75,9±11,8
<b>LC<sub>A</sub> (mm)</b>	95,7±9,6	98,8±8,5	93,9±10,9	96,77±9,5
<b>LC<sub>D</sub> (mm)</b>	127,0±12,7	129,5±9,6	122,9±12,3	127,0±11,2
<b>Incr (%)</b>	32	30	31	31
<b>TC (%LCd<sup>-1</sup>)</b>	28,3±3,3	27,1±2,2	27,1±3,8	27,3±3,0

**UPI:** Ultimo período de intermuda (días); **PA:** Peso antes de la muda terminal; **PD:** Peso después de la muda terminal; **Incr:** % de incremento; **TC:** Tasa de crecimiento puntual tras la muda terminal; **LC<sub>A</sub>:** Longitud del caparazón antes de la muda terminal; **LC<sub>D</sub>:** Longitud del caparazón después de la muda terminal.

El peso medio para cada grupo de centollos inmediatamente antes de la muda terminal fue de 250,89±76,6 g (celdillas pequeñas), 268,36±73,4 g (celdillas medianas) y 232,17±79,0 g (celdillas grandes), siendo la media de 253,9±75,5 g. Inmediatamente después de la muda se alcanzaron pesos de 523,42±169,6 g, 580,44±144,1 g y 487,79±152,8 g, respectivamente y una media de 540,8±154,1 g, lo que significa más del doble del peso antes de la muda. En concreto, tras la muda terminal los centollos aumentaron una media de 286,9±86,8 g de, lo que se corresponde con un 113% de incremento.

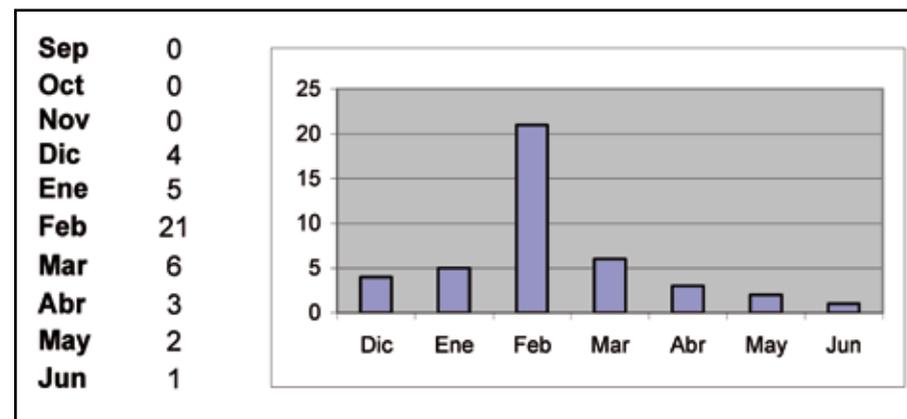
En cuanto a la longitud del caparazón, antes de la muda terminal fue en cada grupo de 95,7±9,6 mm, 98,9±8,5 mm y 93,9±10,9 mm, para los centollos procedentes de las celdillas P, M y G, siendo la media para el conjunto de

96,7±9,5 mm. Inmediatamente después de la muda terminal, estos parámetros se incrementaron hasta 127,0±12,7 mm, 199,5±9,6 mm y 122,9±12,3 mm, respectivamente, siendo la media del conjunto, de 127,0±11,2 mm. Esto supone un incremento del caparazón de 31,3±4,8 mm, 30,6±2,4 mm y 29,0±3,9 mm, respectivamente y de 30,3±1,7 mm de media para el total de los centollos, es decir, un 33 % de incremento.

De todo lo anterior se deduce que tras la muda terminal, los animales crecieron a unas tasas de crecimiento puntuales enormemente altas, de 77,8±8,1%Pd<sup>-1</sup> en peso y de 27,3±3,0%LCd<sup>-1</sup> en longitud del caparazón, aspecto que debe ser tenido muy en cuenta para la producción de centollos a gran escala.

En cuanto a la estacionalidad de la muda terminal, el período abarcado fue muy amplio, produciéndose la primera de ellas en diciembre y prolongándose durante todos los meses siguientes hasta a junio, mes en el que se produjo la última. A pesar de este amplio periodo, la frecuencia mensual de mudas terminales fue muy diferente, ocurriendo la mayoría de ellas preferentemente en los meses fríos, de diciembre a marzo, en los que se produjeron el 86% de todas las mudas terminales. Asimismo, destaca el mes de febrero, con un pico muy acusado, en el que se produjeron el 50% de todas las mudas terminales ([figura 13](#)).

**Figura 13.** Mudras Terminales.



Otro hecho singular es que, aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas, los animales que alcanzaron menor tamaño, fueron los que desde el principio habían permanecido en las celdillas grandes. Este hecho, aunque no significativo, puede guardar relación con la hipótesis que hemos venido barajando de que el efecto celdilla se produce por estrés por claustrofobia. En las celdillas grandes este efecto habría aparecido más tardíamente y los animales habrían dispuesto de un tiempo menor para adaptarse a las condiciones estresantes del encerramiento, por lo que su efecto sobre la muda terminal, cuando se adquiere el tamaño definitivo, habría sido mayor.

## 5. Discusión de los resultados y conclusiones parciales

El objetivo final con el que se inició la investigación del centollo en el marco de un proyecto promovido por la Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR), fue buscar las condiciones óptimas de cultivo de una especie nueva para la acuicultura, que permita diversificar la excesiva dependencia de un sector que centra su producción en muy pocas especies. La elección del centollo se hizo en base a que posee unas características económicas y biológicas que lo hacen un buen candidato para cumplir este objetivo. Posee una alta rentabilidad económica, elevada tasa de reproducción, corta vida larvaria y buena adaptabilidad a las condiciones de cría en cautividad. La densidad de cultivo, los procesos de canibalismo, el tipo de alimentación y los cultivos en celdillas individuales, han sido algunos de los aspectos estudiados en este Centro.

Los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto han sido alentadores:

1. Se ha establecido la densidad óptima para cultivos colectivos.
2. Se ha determinado una buena dieta para el crecimiento en cultivos experimentales y como le afectan los procesos de conservación (congelación) a su calidad nutritiva.
3. Se ha determinado el perfil lipídico de centollos silvestres y alimentados con distintas dietas.
4. Se ha establecido el mejor parámetro para el seguimiento de la curva de crecimiento de los centollos.
5. Se ha determinado la existencia de una relación entre la ingesta de alimentos y la muda, con objeto de predecir este acontecimiento.
6. Se han establecido las condiciones de cultivo en aislamiento.
7. Se ha estudiado el ciclo biológico completo de los centollos criados en cautividad y cerrado el círculo desde larva a adulto.

Como conclusión final cabe citar que el centollo se considera una especie muy apta para su cultivo industrial, dada su fácil adaptabilidad a la cría en cautividad y su elevada tasa de crecimiento, que hace que en un año se pueda alcanzar el tamaño máximo. Asimismo, el cultivo en celdillas individuales se considera muy apto para las fases juveniles, pues permite aumentar considerablemente las densidades de cultivo, evitando al mismo tiempo los factores negativos que provoca la masificación. Sin embargo, este sistema no resulta tan apto para animales de mayor tamaño, dado que para evitar el efecto de confinamiento deberíamos acudir a celdillas individuales excesivamente grandes. En cualquier caso, todavía quedan aspectos del cultivo que están por resolver, como, entre otros, el diseño de un pienso artificial para abaratar los costes de producción y hacer la industria más competitiva.

## 6. Parámetros de cultivo

En todos los cultivos realizados en el marco de este proyecto, ya sean de mantenimiento de adultos, cultivos larvarios o experimentales, las condiciones y parámetros de cultivo han sido los estándares que se utilizan en este Centro para todas las especies objeto de investigación.

En concreto:

**Agua:** El agua utilizada fue agua de mar directamente bombeada desde el estuario del Río Piedras, aunque antes de su utilización en los cultivos, se la sometió a un proceso de saneamiento y limpieza compuesto por un decantador, filtro de arenas, filtro de mallas y diversos filtros biológicos de ultravioletas.

**Régimen de cultivo:** Circuito abierto de provisto de aireación forzada en los cultivos colectivos. En los cultivos individuales no se utilizó aireación, dado que la alta renovación de agua habida en las celdillas individuales, de un tamaño pequeño, hacía innecesario el suplemento de aire.

**Temperatura:** El sistema de frío calor-instalado en el Centro, permite trabajar a una temperatura más o menos constante, oscilando en torno a  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**Fotoperíodo:** Natural en todos los cultivos.

**Salinidad:** Natural, en torno al 35%

# Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por el proyecto “Cría de la Centolla, Maja sp.” 2006-20008, de la Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR) y por el proyecto 0251\_ECOAQUA\_5\_E del “Programa de Cooperación Transfronteriza España-Portugal 2007-2013, Cooperación Algarve-Andalucía para la promoción de recursos acuícolas y marinos en el litoral suratlántico”. El autor quiere asimismo, expresar su agradecimiento Al Dr. Pedro Domingues, por su participación en los comienzos de este estudio, a la Dra. Inés Martínez Pita y los Drs. Erik Malta e Ismael Hachero, por sus consejos en la elaboración del manuscrito y a otros compañeros del Centro IFAPA “Agua del Pino” por la ayuda recibida en la ejecución de los experimentos. Entre ellos cabe destacar la ayuda de la doctorando Sandra García y del biólogo Diego Garrido.

# Bibliografía

**Alaminos J & P Domingues. 2007.** Effects of different natural or prepared diets on growth and survival of juvenile spider crabs, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922). *Aquaculture International* <DOI 10.1007/s10499-007-9154-6>

**Bernárdez C, J Freire & E González-Gurriarán. 2000.** Feeding of the spider crab *Maja squinado* in rocky subtidal areas of the Ría de Arousa (north-west Spain). *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom* 80: 95-102.

**Boal JG, RA Hylton, SA González & RT Hanlon. 1999.** Effects of crowding on the social behaviour of cuttlefish (*Sepia officinalis*). *Contemporary Topics in Laboratory Animal Science* 38(1): 49-55.

**Carlisle DB. 1957.** On the hormonal inhibition of moultin in decapod Crustacea. II. The terminal anaecdysis in crabs. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom* 36: 291-307

**Corgos A, P Verísimo & J Freire. 2005.** Estacionalidad de la muda terminal y la migración reproductiva en la centolla, *Maja brachydactyla*: evidencias de estrategias de apareamiento alternativas. [en línea] <<http://hdl.handle.net/2183/132>>

**Corgos A, MP Sampedro, E González-Gurriarán & J Freire. 2007.** Growth at moult, intermoult period and moulting seasonality of the spider crab *Maja brachydactyla*: combining information from mark-recapture and experimental studies. *Journal of Crustacean Biology* 27: 255–262.

**Domingues P, R Poirier, L Dickel, E Almansa, A Sykes & P Andrade. 2003.** Effects of culture density and live prey on growth and survival of juvenile cuttlefish, *Sepia officinalis*. *Aquaculture International* 11: 225-242.

**Domingues P & J Alaminos. 2008.** Efecto de la densidad de cultivo y de elementos de refugio en el crecimiento y supervivencia de juveniles de centollo, *Maja brachydactyla* (Bals, 1922). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(1): 121-127.

**Drach P. 1939.** Mue et cycle d'intermue chez les crustacés décapodes. *Annales de l'Institut Oceanographique, Monaco* 19: 103-391

**Forsythe J, P Lee, L Walsh & T Clark. 2002.** The effects of crowding on growth of the European cuttlefish *Sepia officinalis* Linnaeus, 1758 reared at two temperatures. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 269(2): 173-185.

**Freire J, C Bernárdez, A Corgos, L Fernández, E González-Gurriarán, MP Sampedro, P Verísimo. 2002.** Management strategies for sustainable invertebrate fisheries in coastal ecosystems of Galicia (NWSpain). *Aquatic Ecology* 36: 41-50.

**García-Flores L & P Fernández-Rueda. 2000.** Reproductive biology of spider crab females (*Maja brachydactyla*) off the coast of Asturias (north-west Spain). *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom* 80: 1071-1076

**García-Flores L & P Fernández-Rueda. 2003.** Parámetros biológicos del centollo *Maja brachydactyla* (Brachiura: Majidae), procedente de capturas comerciales en la zona central de Asturias (España) y su aplicación a la gestión pesquera. *Naturalia cantabricae* 2: 45-52

**González-Gurriarán E, J Freire, MP Parapar, MP Sanpedro & M Urceira. 1995.** Growth at moult and moulting seasonality of the spider crab, *Maja squinado* (Herbst) (Decapoda: Majidae) in experimental conditions: implications for juvenile life history. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 189: 183-203.

**González-Gurriarán E, J Freire, AC Fariña & A Fernández. 1998.** Growth at moult and intermoult period in the Norwegian lobster *Nephrops norvegicus* from Galician waters. *ICES Journal of Marine Science* 55: 924-940.

**Iglesias J, FJ Sánchez, C Moxica, L Fuentes, JJ Otero & JL Pérez. 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.

**Ingle RW. 1980.** *British crabs*, 199 pp. Oxford University Press, London.

**Kergariou G. 1984.** L'araignée de mer *Maja squinado* H., biologie et exploitation. *Bulletin du Institut de Pêches Maritimes* 1279: 575-583.

**Le Foll D. 1993.** Biologie et exploitation de l'araignée de mer *Maja squinado* Herbst en Manche Ouest. Ph D thèses, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 517 pp. [en línea] <<http://archi-mer.ifremer.fr/doc/1993/rapport-638.pdf>>

**Neumann V. 1998.** A review of the *Maja squinado* (Crustacea: Decapoda: Brachyura) species-complex with a key to the eastern Atlantic and Mediterranean species of the genus. *Journal of Natural History* 32: 1667-1684.

**Sampedro MP, E González-Gurriarán, J Freire & R Muiño. 1999.** Morphometry and sexual maturity in the spider crab *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in Galicia, Spain. *Journal of Crustacean Biology* 19: 578-592.

**Sampedro MP, E González-Gurriarán & J Freire. 2003.** Moulting 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.

**Sánchez FJ, L Fuentes, J Iglesias, C Moxica & JJ Otero. 2007.** Crecimiento y ciclos de muda de la centolla (*Maja squinado* Herbst) en condiciones de cultivo. Foro de los Recursos Marinos y de la Acuicultura de las Rías Gallegas 9: 213-215.

**Sumpter JP. 1993.** The deleterious effects of stress and their effects to aquaculture. En: Barnabé G & P Kestemont (eds). Production, environment and quality. Special Publication of the European Aquaculture Society 18: 157-166.

**Wilber DH & TP Wilber. 1989.** The effects of holding space and diet on growth of the West Indian spider crab *Mithrax spinosissimus* (Lamarck). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 131: 215-222.6

