

**Este proyecto se desarrolla con la colaboración de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, y se cofinancia por la Unión Europea por el FEMPA (Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura)**



## **FV 2.3: ESTUDIO COMPARATIVO DONDE SE EVALÚEN Y COMPAREN LAS PRÁCTICAS DE PREENGORDE ACTUALES CON LAS OPTIMIZADAS**

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>2.3.1. Prácticas de preengorde actuales de <i>Maja brachydactyla</i>.</b> .....    | 4  |
| <b>2.3.2. Prácticas de preengorde optimizadas de <i>Maja brachydactyla</i>.</b> ..... | 6  |
| <b>Conclusiones</b> .....   | 10 |
| <b>Bibliografía</b> .....   | 11 |

# Informe: estudio comparativo donde se evalúen y comparen las prácticas de preengorde actuales con las optimizadas

## Proyecto MAJA

### Cultivo integral de la centolla *Maja brachydactyla*: cría y repoblación

Durante la ejecución del proyecto MAJA se realizaron un total de 3 cultivos larvarios en las instalaciones de la ECIMAT. Durante el último cultivo larvario desarrollado se optimizaron los parámetros de la fase de cultivo y de la etapa de asentamiento-metamorfosis, obteniendo una supervivencia muy elevada, del **67%**, durante la transformación de las megalopas en juveniles C1, lo cual nos permitió obtener una producción de más de 10500 individuos juveniles de *M. brachydactyla*.

Una vez transformados en juveniles C1, se inicia la etapa de preengorde en criadero.

La tasa de crecimiento en la acuicultura del centollo y otras especies de cangrejos en general se ve afectada por factores ambientales, como la disponibilidad de alimento (Alaminos y Domingues, 2008), el espacio de almacenamiento (Swiney et al., 2013) y la densidad de población (Daly et al., 2009). Además, los principales factores que influyen en la supervivencia parecen ser el canibalismo (Sainte-Marie y Lafrance, 2002; Triño et al., 1999), la disponibilidad de alimento (tanto en calidad como en cantidad); Penha-Lopes et al., 2006; Sheen, 2000) y el estrés por hacinamiento (Daly et al., 2009). Por ejemplo, los juveniles del cangrejo de las nieves (*Chionoecetes opilio*), investigados por Sainte-Marie y Lafrance (2002), el cangrejo araña (*Mithrax spinosissimus*), por Wilber y Payson Wilber (1991), y el cangrejo nadador azul (*Portunus pelagicus*), por Marshall et al. (2005), presentan canibalismo y limitación de densidad durante las primeras etapas del desarrollo, lo que resulta en pérdidas de hasta el 60 % en experimentos de 20 a 104 días. Los hábitats y refugios artificiales mejoran significativamente la supervivencia de los juveniles al reducir la incidencia de interacciones entre cangrejos y lograr mayores niveles de productividad (Mann et al., 2007). Otros métodos para reducir el canibalismo entre cangrejos juveniles incluyen la adición de sustrato, el suministro de dietas de alta calidad, la clasificación por clases de tamaño y la optimización de las densidades de preengorde (Daly et al., 2009; Marshall et al., 2005; Ut et al., 2007). Una alternativa para evitar las tendencias caníbales es separar a los individuos en compartimentos o celdas, lo que suele generar costos debido al aumento de mano de obra necesaria para alimentar y limpiar las celdas y el espacio requeridos para alimentar individuos aislados (Swiney et al., 2013). Por lo tanto, un desafío para el cultivo de centollas es proporcionar

el entorno y las condiciones de crianza que minimicen la mortalidad y maximicen el crecimiento.

### 2.3.1. Prácticas de preengorde actuales de *Maja brachydactyla*.

Hasta la fecha se realizaron relativamente pocas experiencias de cultivo en criadero de la especie *M. brachydactyla*.

A continuación, se muestran las prácticas de preengorde en criadero realizadas hasta ahora con individuos juveniles del género *Maja sp.* y los resultados obtenidos.

**Iglesias et al (2002)** realizaron la primera experiencia de cultivo semi-intensivo de esta especie en criadero, obteniendo aproximadamente 5000 individuos juveniles procedentes de 5 puestas. La supervivencia obtenida fue elevada, de un 66% al cabo de 9'5 meses, con una longitud media del caparazón de  $6'5 \pm 0'8$  cm y una tasa de crecimiento específico de sólo el 0'5%.

El proyecto de la Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (**JACUMAR**): Cría de centolla (*Maja sp.*) desarrollado entre los años **2006 y 2009** abordó más profundamente el cultivo preliminar de esta especie en criadero; el mejor resultado en la etapa de cultivo larvario se obtuvo a una densidad de cultivo de 60 larvas/L, alimentando a las larvas con metanauplios de *Artemia* enriquecida 24 horas con *Rhodomonas sp.*, en el que consiguieron un 26,9% de supervivencia final en el paso del estadio megalopa a juvenil.

Realizaron diferentes experiencias de alimentación, camuflaje y densidad de cultivo con los individuos juveniles obtenidos; la supervivencia máxima durante el proceso de preengorde de juveniles (de 25 días de edad) fue de un 72'5%, distribuyéndolos en cilindros a una densidad de 10 individuos/m<sup>2</sup> y alimentándolos con pienso comercial de langostino. Las estructuras de cultivo provistas de macroalgas (que sirven como refugio y alimento suplementario) funcionaron mejor en cuanto a resultados de supervivencia de los juveniles mantenidos en criadero.

La dieta que mejor funcionó en cuanto a incremento de peso de los centollos juveniles fue una mezcla de mejillón fresco, gónadas de erizo de mar y algas, obteniendo una TCE (tasa de crecimiento específico) máxima de un  $4'0 \pm 0'7\%$ ; la talla media de individuos de 90 días de edad fue de 8'8 mm. Durante la experiencia de preengorde realizada en el medio natural se obtuvo una supervivencia del 60% en 90 días de cultivo.

**Alaminos & Domingues (2008)** realizaron experimentos de alimentación de juveniles de la especie *M. brachydactyla* mantenidos en criadero durante 90 días, obteniendo la mayor supervivencia (95%) en individuos alimentados con pienso comercial de langostino y obteniendo una tasa de crecimiento específico media del 0'4%, aunque los juveniles alimentados exclusivamente con mejillón fresco obtuvieron una TCE del  $4'0 \pm 0'7\%$ , dato acorde con el obtenido durante la ejecución del proyecto JACUMAR, concluyendo que el mejillón fresco y el pienso comercial de langostino son dietas óptimas para la alimentación de juveniles durante la etapa de preengorde en criadero.

**Domingues et al (2012)** compararon la efectividad del mejillón fresco vs. congelado como alimento para juveniles de *M. brachydactyla* de 2 meses de edad durante la etapa de preengorde. Los juveniles se introdujeron en cubiletes de cultivo (con el fin de minimizar el canibalismo), a una densidad de 0'14 ind/L, y se alimentaron con mejillón fresco y congelado, obteniendo una tasa de crecimiento específica de  $3'3 \pm 1'4\%$  y de  $2'4 \pm 1'4\%$  respectivamente, determinando que el mejillón fresco funciona mejor que el congelado en cuanto a crecimiento y supervivencia de los juveniles de centollo mantenidos en criadero.

**Pazos et al (2018)** mantuvieron juveniles de *M. brachydactyla* en criadero, estabulados en tanques circulares de 1000L de capacidad, alimentados 'ad libitum' con mejillón fresco y complementando la dieta con pescado blanco, macroalgas, moluscos y gónadas de erizo de mar. La tasa de crecimiento específica obtenida fue baja, de entre un 0'22-0'46% durante los primeros 8 meses de preengorde. La muda final se produjo a los 450 DAH (Days After Hatching), con una supervivencia final del 66%. A los 12 meses de edad los juveniles alcanzaron una longitud media del caparazón de 8 cm.

Finalmente, Gil et al (2019) mantuvieron juveniles de la especie *M. squinado* (entre muda C2 y C5) en criadero y probaron diferentes dietas secas y frescas como alimento, sin obtener diferencias significativas entre ellas en cuanto al crecimiento de los juveniles, aunque se obtuvo una mayor supervivencia en los individuos alimentados con dietas secas, de un 75%, que en el caso de los individuos alimentados con dietas frescas, cuya supervivencia fue del 47'5%.

### 2.3.2. Prácticas de preengorde optimizadas de *Maja brachydactyla*.

Durante la ejecución del proyecto MAJA se realizaron diferentes experiencias de optimización de parámetros de cultivo durante la fase de preengorde de individuos juveniles, con el fin de obtener la mayor supervivencia posible durante esta etapa, así como el mayor crecimiento de los juveniles mantenidos en criadero.

Una vez obtenidos los juveniles C1 procedentes del último cultivo larvario, se mantuvieron en cestillas de cultivo forradas con malla mosquitera y provistas de macroalgas, estabuladas a su vez en tanques de cultivo cuadrados de 1000L de capacidad (Figura 1).

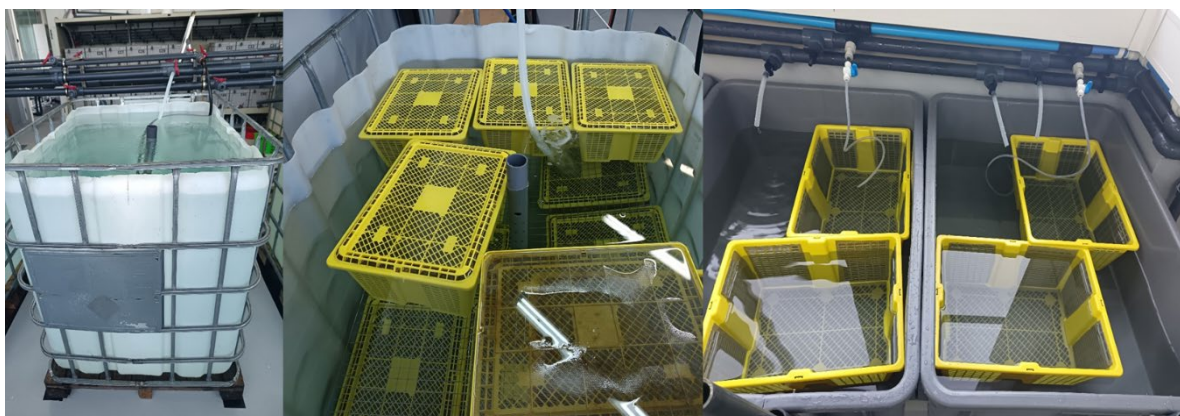


Fig. 1: A) Tanque de cultivo, B) tanque con cestillas forradas con malla mosquitera, C) cestillas de cultivo en cajas (experimento dietas).

Los parámetros de cultivo optimizados para el crecimiento de los juveniles son muy similares a los parámetros de cultivo larvario (Tabla 1):

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| Tª óptima               | 17-18°C       |
| pH                      | 7'5-8         |
| Salinidad               | 36-36'5 ppt   |
| O <sub>2</sub> disuelto | 7'5-8 mg/L    |
| Densidad                | 2 juveniles/L |

Tabla 1: Parámetros de cultivo durante la etapa de preengorde de juveniles.

Se realizaron diferentes pruebas de alimentación, suministrando tanto alimento fresco: Mejillón, pollo y lirio alternados, como liofilizados de estos alimentos triturados; además se les suministró pienso comercial para engorde de langostino (Dibaq), que funcionó muy bien en cuanto a crecimiento y supervivencia de los juveniles alimentados con él.

La densidad de cultivo óptima para el crecimiento de los individuos se estableció en 2 juveniles/L.

Es importante que las estructuras de preengorde de los individuos juveniles estén provistas de macroalgas y epífitos, que además de servir como alimento hacen la función de refugio para los juveniles y son utilizadas como camuflaje. En caso de no tener macroalgas los juveniles utilizan el alimento para camuflarse, lo que puede ocasionar proliferación de bacterias y contaminación del agua de cultivo, provocando una elevada mortalidad.

La limpieza de las cestillas se realiza cada 2 días, retirando los restos de alimento de las mismas mediante un sifón.

Se realizó además un experimento de dietas de 2 meses de duración, con el fin de comprobar qué alimento produce un mayor incremento en el peso de los juveniles durante la etapa de preengorde. Se distribuyeron 50 individuos juveniles del mismo rango de talla en cestillas de cultivo introducidas a su vez en cajas de 100 L de capacidad (10 juveniles por caja), con renovación continua de agua, a una temperatura media de 17º C (Figura 2).



Fig. 2.- A, B) Cajas de cultivo con cestillas en su interior. C) Dieta experimental elaborada. D) Proceso de pesado de juveniles.

A continuación se muestran los resultados de crecimiento de los juveniles mantenidos en criadero durante 259 días (Figura 3).

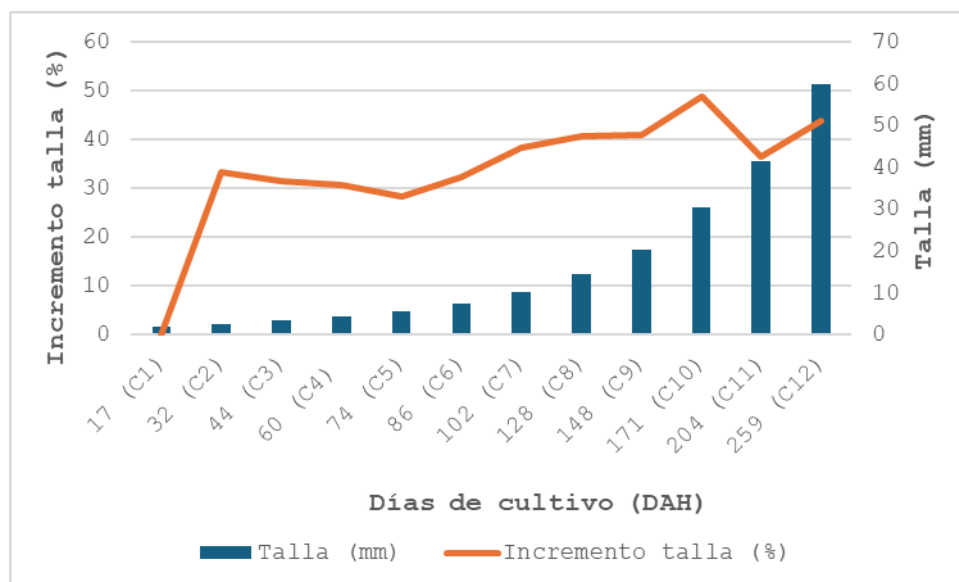


Fig. 3.- Gráfica de crecimiento y de incremento de talla (%) de los juveniles mantenidos en criadero.

La tasa de crecimiento específico (TCE) obtenida de los individuos juveniles durante la etapa de preengorde en criadero, de 259 días de duración, fue de un 1'42%, por encima de la que encontramos en la bibliografía existente durante este periodo; Pazos et al (2018) obtuvieron una TCE de entre 0'22-0'46% durante los primeros 8 meses de preengorde en criadero.

La TCE disminuye a medida que los juveniles crecen, si tenemos en cuenta los primeros 90 días de preengorde, obtuvimos una TCE de 1'98% con nuestro protocolo de preengorde, que supone un incremento importante con respecto a protocolos anteriores.

En la figura 4 se muestran los resultados de aumento de peso en porcentaje obtenidos durante el experimento de dietas.

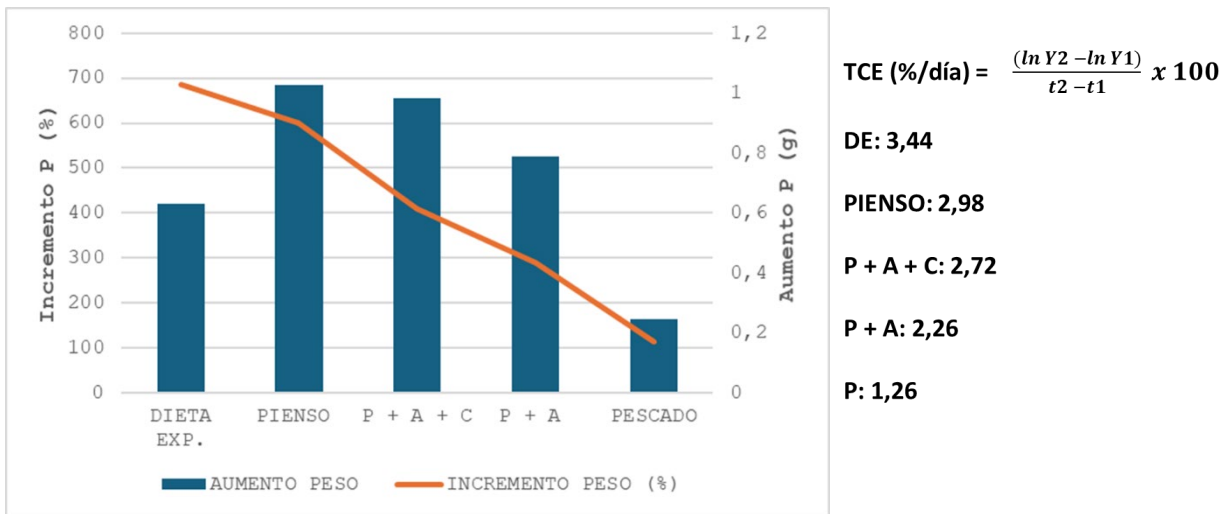


Fig. 4.- Gráfica de crecimiento y de incremento de peso (%) de los juveniles del experimento de dietas.

Las tasas de crecimiento específico obtenidas durante el experimento de dietas fueron elevadas, especialmente con la dieta experimental diseñada (3'44) y el pienso comercial de langostino (2'98), con las que se obtuvo un crecimiento significativamente mayor que con las dietas de pescado y pescado+algas. La dieta de pescado+algas+conchilla también sería adecuada para un preengorde de los juveniles mantenidos en criadero.

## Conclusiones

La supervivencia de los juveniles de *Maja brachydactyla* durante el proceso de preengorde se puede incrementar significativamente mediante la separación de los individuos por tallas cada vez que mudan, así como manteniendo las estructuras de cultivo cubiertas de macroalgas que actúan como refugio; estas prácticas reducen prácticamente a cero el canibalismo durante la etapa de preengorde de esta especie en criadero.

La dieta suministrada demostró ser eficaz para alcanzar una buena tasa de crecimiento de los juveniles en criadero, especialmente la dieta experimental diseñada basada en harina de insecto y el pienso comercial de langostino, con los que se alcanzan tasas de crecimiento específico del 3'44 y 2'98% respectivamente.

Los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto MAJA son muy prometedores, posibilitando la obtención de un gran número de individuos juveniles en un espacio reducido, además de reducir notablemente los costes de producción acuícola de esta especie, facilitando su introducción en la industria acuícola nacional y su incorporación al mercado, así como las tareas de repoblación de las poblaciones naturales disminuidas o desestructuradas.

La tecnología de cultivo empleada es extrapolable a la especie *Maja squinado*, que se encuentra en peligro crítico de extinción en el Mediterráneo.

### Recomendaciones:

- 1- Realizar la separación por tallas de los individuos juveniles cada vez que mudan para evitar episodios de canibalismo.**
- 2- Mantener una tasa de renovación de agua lo más elevada posible con el fin de evitar que se produzca contaminación en las estructuras de cultivo en criadero.**

## Bibliografía

Alaminos, J., Domingues, P., 2008. Effects of different natural or prepared diets on growth and survival of juvenile spider crabs, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922). *Aquac. Int.* 16, 417–425.

Daly, B., Swingle, J. S., & Eckert, G. L. (2009). Effects of diet, stocking density, and substrate on survival and growth of hatchery-cultured red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) juveniles in Alaska, USA. *Aquaculture*, 293(1-2), 68-73.

Domingues, P., Alaminos, J., García-Garrido, S., Hachero-Cruzado, I., & Rosas, C. (2012). Growth and survival of juvenile spider crabs, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922), fed with fresh or frozen mussels. *Aquaculture Research*, 43(2), 167-177.

Gil, M., Pastor, E., & Durán, J. (2019). Survival and growth of hatchery-reared Mediterranean spider crab juveniles, *Maja squinado*, under different rearing conditions. *Aquaculture*, 498, 37-43.

Marshall, S., Warburton, K., Paterson, B., & Mann, D. (2005). Cannibalism in juvenile blue-swimmer crabs *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1766): effects of body size, moult stage and refuge availability. *Applied Animal Behaviour Science*, 90(1), 65-82.

Pastor, E., Durán, J., & Caimari, M. A. (2011). Experiences in mass production of mediterranean spider crab *Maja squinado* juveniles for restocking studies. *Proc Aquaculture Europe*, 18-21.