

Comparación de sistemas suspendidos de flujo pasivo y forzado para el preengorde de semilla de almeja babosa *Venerupis corrugata* (Gmelin, 1971), en la Ría de Arousa, España

Comparison of passive and forced flow in suspended systems for pre-growing spat of the pullet carpet shell *Venerupis corrugata* (Gmelin, 1971), in the Ría de Arousa, Spain.

Miguel Lastres ¹, Fiz da Costa ², María del Carmen Andrés¹, Emilio Cid¹, Susana Nóvoa ³, Justa Ojea ³,
Dorotea Martínez Patiño ³

¹Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGAFA). Consellería do Mar. Xunta de Galicia C/ Niño do Corvo s.n. 36626 Illa de Arousa. España

²Instituto Español de Oceanografía (IEO-CSIC), Centro Oceanográfico de Vigo. Subida a Radio Faro, 50, 36390 Vigo, Pontevedra, España

³Centro de Investigacións Mariñas (CIMA) Consellería do Mar. Xunta de Galicia Muelle do Porcillán s.n. Ribadeo, Lugo, España

Correspondencia: Miguel Lastres **E-mail:** miguel.anxo.lastres.couto@xunta.gal

Original article | Artículo original

Palabras clave

Cultivo,
preengorde,
almeja,
pochón,
linterna,
air-lift,
biomasa

RESUMEN | Se comparó el crecimiento y supervivencia de semillas de almeja babosa *Venerupis corrugata* (Gmelin, 1971) en tres sistemas suspendidos de preengorde partiendo de una tasa de ocupación de 59 individuos cm⁻² de densidad inicial. Se probaron dos de flujo pasivo (linternas y pochones) y uno de flujo forzado en bidones con *air-lift*, en el que se mantuvo un caudal mínimo de agua de 72 L min⁻¹. Al cabo de 114 días de cultivo se registraron resultados muy superiores en el crecimiento en peso en el sistema de flujo activo en el nivel inferior, y las linternas se mostraron más efectivas que el sistema con pochones horizontales. La mortalidad entre muestreos fue reducida, a excepción de la mortalidad registrada en el último muestreo en el sistema de bidones con *air-lift* en el nivel superior. El sistema de flujo forzado en *air-lift* es el más indicado para el preengorde suspendido de almeja babosa en lugares donde está disponible el suministro eléctrico.

Keywords

Culture,
intermediate
culture,
clam,
oyster bag,
bivalve
lantern net,
air-lift,
biomass

ABSTRACT | The growth and survival of the pullet carpet shell *Venerupis corrugata* (Gmelin, 1971) seeds in three suspended intermediate culture systems was compared using a stocking rate of 59 individuals cm⁻² of initial density. Two passive flow systems (bivalve lanterns nets and oyster bags) and one forced flow system in air-lift drums were tested, in which a minimum water flow rate of 72 L min⁻¹ was maintained. At the end of 114 days of culture, the active flow system showed better results in growth in weight at the lower level, and the bivalve lantern nets were more effective than the system with horizontal oyster bags. Mortality between samplings was low, except for the mortality recorded in the last sampling in the air-lift system at the upper level. The air-lift forced flow system is the most suitable for suspended intermediate culture of pullet carpet shell seed in locations where power supply is available.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de moluscos bivalvos en España utiliza sistemas de preengorde y engorde en estructuras flotantes que se denominan bateas (Cerviño-Otero, 2011). Ese tipo de artefactos permiten aprovechar la alta productividad primaria disponible en Galicia (Noroeste de España), en el ecosistema de las Rías, empleando un sistema de flujo pasivo.

El cultivo en suspensión se puede realizar en sistemas de flujo pasivo, tales como cestillos, platillos y linternas, y bolsas o “pochones” (Cerviño-Otero, 2011). También existe un sistema de flujo forzado que permite dirigir el agua hacia los individuos, para mantener adecuadas condiciones de cultivo, y que para ello emplea una fuente de energía complementaria, que logra mantener operativo el sistema.

El objetivo de este trabajo fue ensayar tres tipos de sistemas de cultivo suspendidos en el medio natural para el preengorde de almeja babosa (*Venerupis corrugata*, Gmelin, 1971), a partir de semilla de pequeño

tamaño (tamiz 1 mm) obtenida en el minicriadero del Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGafa).

Se probaron dos sistemas de flujo pasivo, ubicados en la batea del IGafa, y uno de flujo forzado por *air-lift*, situado sobre un pantalán en un área próxima a la batea. Se pretendía comparar los resultados obtenidos empleando pochones, linternas y bidones con *air-lift*.

Sabiendo que la alimentación de semilla en los criaderos es uno de los puntos críticos en cuanto a rentabilidad, debido al alto coste de producción del fitoplancton necesario para alcanzar tallas de siembra en medio natural, se utilizaron los sistemas de preengorde suspendido frente a los sistemas tradicionales de preengorde en tierra que supondrían un mayor coste de funcionamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para todos los sistemas empleados se partió de ejemplares de almeja babosa obtenidos a partir de reproductores procedentes de los bancos naturales de A Illa de Arousa. La inducción a la puesta y el cultivo larvario se realizó en las instalaciones del minicriadero del IGafa. La fijación tuvo lugar en el mes de febrero de 2018 y la semilla obtenida fue trasladada a los sistemas de preengorde el día 7 de mayo del mismo año, después de seleccionar los individuos tamizados por malla de 1 mm.

Los sistemas de flujo pasivo (pochones y linternas), se ubicaron en la batea del IGafa (situada en la cuadrícula 112 del Polígono Cambados C, en la Ría de Arousa), y se dispusieron a una profundidad de 1,5 m mediante cuerdas sujetas al emparrillado de esta (Fig. 1).

Los pochones utilizados según el modelo de Cerviño *et al.* (2005), eran rectangulares, de 60 cm de longitud y 20 cm de anchura con una malla de 1 mm. Se utilizó una estructura de PVC (Fig. 2) como soporte para los pochones en posición horizontal. Por su parte, las linternas, semejantes a las utilizadas en los ensayos realizados por Pérez y Pardo (2006), eran cilíndricas, de 40 cm de diámetro, con 13,5 cm de altura en cada piso, y con una malla cuadrangular de 1 mm de lado (Fig. 2).

En el pantalán se instaló una estructura para el soporte de bidones plásticos de 55 L de capacidad cada uno (33 cm de diámetro en la base y 40 cm de diámetro superior, con una altura de 50 cm), con una tapa y un tubo telescópico de 87 cm de longitud al que se acopló un sistema de flujo ascendente forzado, mediante aire inyectado a baja presión, como en las pruebas realizadas por De Santiago *et al.* (2009). Con este sistema se mantuvo un caudal mínimo de trabajo de 72 L min⁻¹ en cada bidón, a lo largo de toda la experiencia.



Figura 1.- Imágenes de satélite donde se ve el punto de muestreo, y las zonas del experimento.

En el interior de estos recipientes se dispusieron dos tamices (30 cm de diámetro y 10 cm de altura), de 1 mm de luz de malla, encajados uno sobre otro para poder diferenciar los posibles efectos del paso del flujo forzado de agua a través de la semilla (Fig. 2).



Figura 2.- Linterna, jaula con pochón y bidón con *air-lift*.

Se utilizó una turbosoplante, modelo ASC 014Q de la marca Airtech con una potencia de 1,5 kw para un caudal de aire de $330 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, situado en un recipiente estanco (Fig. 3) conectado con una manguera flexible de polietileno.

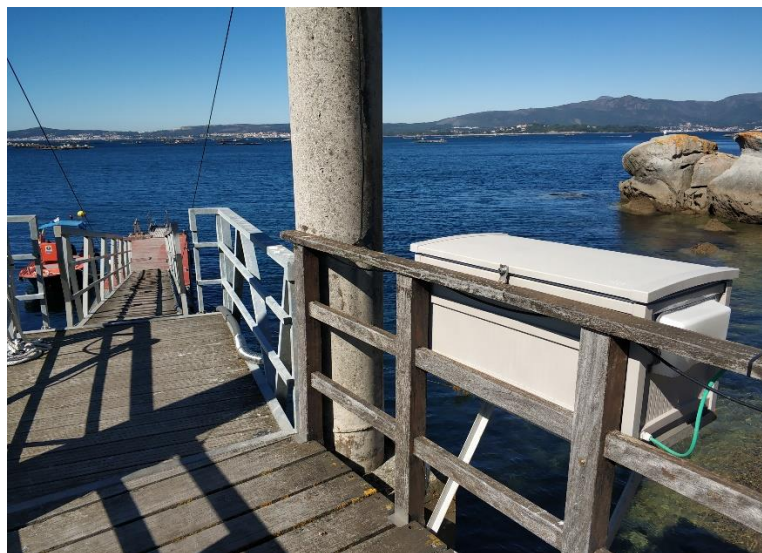


Figura 3.- Turbosoplante utilizada para el experimento.

La temperatura (°C) y la clorofila *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$), fueron seleccionados como parámetros indicadores de las condiciones tróficas y ambientales y fueron facilitados por la Unidad de Oceanografía y Fitoplancton de INTECMAR, a partir de la estación oceanográfica más próxima a la zona de cultivo (Fig. 1), que se corresponde con la denominación “Xidoiros A4”.

Con el objetivo de poder comparar los tres sistemas de preengorde, se establecieron tasas de ocupación equivalentes, partiendo de una misma densidad inicial de 59 individuos cm^{-2} en cada ensayo. Estas condiciones de cultivo permitieron estabular a esa densidad, 44.261 ejemplares con un peso de 101,75 g en cada uno de los dos niveles de cada bidón; 43.500 individuos, con un peso total de 100 g, en los pochones, y finalmente, en las linternas, un total de 64.863 individuos, para un peso de 149,11 g.

La prueba se realizó entre los meses de mayo y agosto de 2018 para un total de 114 días de ensayo, en los que se realizaron 5 muestreos, comprobando la evolución de la semilla cada tres semanas de cultivo.

Se procuró establecer un protocolo de control sencillo y aplicable a nivel industrial en el que la referencia utilizada sea el incremento de biomasa de los individuos y el seguimiento de la supervivencia de la semilla, para comparar los resultados en cada uno de los tres sistemas.

En cada muestreo de las linternas, pochones y bidones *air-lift* se recogió una muestra homogeneizada, por duplicado, de ejemplares de almeja de $0,20 \pm 0,05$ g de peso al inicio del cultivo. El peso de dicha muestra se incrementó a medida que crecían los ejemplares, hasta $5,00 \pm 0,05$ g. Se utilizó una balanza marca Blauscal, modelo AH-3000, con precisión 0,1 g.

Se contabilizaron los individuos muertos empleando microscopio estereoscópico a 15x (Euromex, modelo Novex AP-5) para determinar la supervivencia. Se estableció la tasa de supervivencia entre muestreos a partir de los datos obtenidos.

Para conocer el porcentaje de incremento de biomasa se realizó el pesaje de todos los individuos en cada uno de los recipientes y/o niveles, obteniendo el peso escurrido de los ejemplares, después de 15 min sobre papel de filtro.

Para comparar los pesos obtenidos en recipientes de dimensiones diferentes, aunque se partiese de tasas de ocupación iniciales iguales, se emplearon las denominadas tasas instantáneas de crecimiento en peso G_{w30} (Winberg, 1971), que consiste en la relación entre el peso de cada muestreo y la biomasa inicial introducida en cada sistema de cultivo, a través de la siguiente expresión:

$$G_{w30} = (\ln \text{ peso final (g)} - \ln \text{ peso inicial}) \times 30 \times 100 / n^{\circ} \text{ días}$$

Los datos se analizaron utilizando el programa estadístico STATISTICA (versión 12). La comparación entre sistemas de cultivo de las medias de peso fresco, G_{w30} y supervivencia se realizó mediante una prueba univariante de Análisis de Varianza (ANOVA) utilizando la prueba *post-hoc* de Fisher LSD. Los datos de supervivencia se transformaron con la función [arcoseno(raíz cuadrada $\times i/100$)] para normalizar la varianza (Sokal y Rohlf, 2001). Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas si $P \leq 0.05$.

RESULTADOS

La temperatura varió a lo largo del periodo de estudio entre 13°C (a mediados de mayo) y los 19°C (a mediados de julio) (Fig. 4). La clorofila *a* varió entre 0,9 y 9,2 $\mu\text{g L}^{-1}$, observándose varios picos durante el periodo de estudio (Fig. 4).

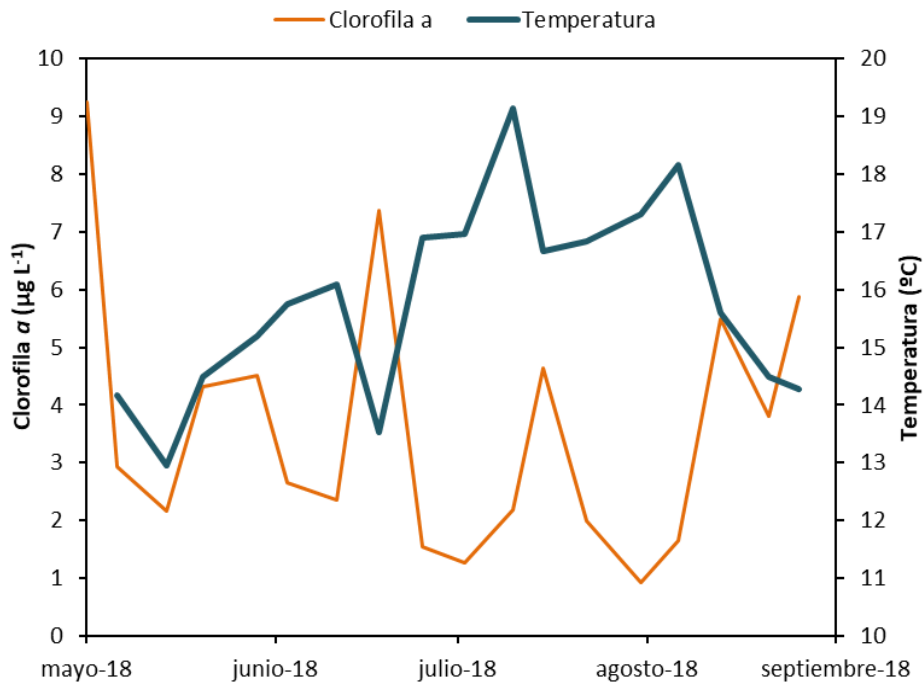


Figura 4.- Variaciones de temperatura (°C) y clorofila a (µg L⁻¹) en la estación de Xidoiros durante el periodo de estudio.

Partiendo de los pesos iniciales (101,75 g/bidón en *air-lift*; 149,11 g/linterna y 100 g/pochón) equivalentes a una ocupación inicial de 59 individuos cm⁻² en todos los sistemas, tras 114 días de cultivo se puede apreciar (Fig. 5) que en el nivel inferior del *air-lift* se alcanzó una biomasa final de 2.750,20 g, mientras que en los otros sistemas el peso final alcanzado fue menor. En el caso de la linterna se alcanzaron 1.296,90 g, mientras que en los pochones se registró para el mismo periodo un peso final de 671,30 g, que fue similar al alcanzado en el nivel superior de los *air-lift* (450,60 g; Fig. 5).

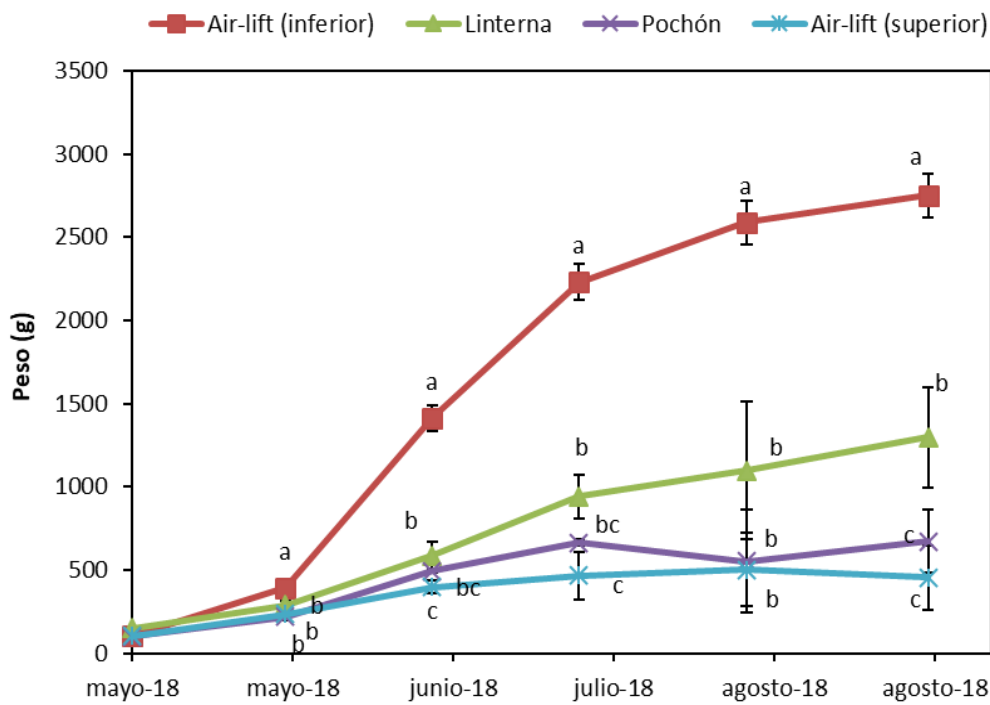


Figura 5.- Incremento neto de biomasa de la semilla de almeja babosa en los sistemas de preengorde utilizados (media ± desviación estándar). Las letras distintas muestran diferencias significativas (P < 0,05) para el mismo día de muestreo.

La tasa de crecimiento instantánea en peso (G_{w30}) en los dos primeros periodos de estudio (días 0-22 y días 22-43) fue significativamente mayor en el nivel inferior del *air-lift* comparado con el resto de los sistemas ($P < 0,05$; Fig. 6). En el tercer periodo (días 43-64) la tasa instantánea de crecimiento en peso G_{w30} fue similar en las linternas y en el nivel inferior del *air-lift*, observándose las menores tasas G_{w30} en el nivel superior del *air-lift* (Fig. 6). En los dos últimos periodos la gran variabilidad de la tasa G_{w30} entre réplicas de la misma condición no permitió ver tendencias claras. Las tasas de crecimiento en peso (G_{w30}) calculadas integrando los 114 días de cultivo muestran valores más elevados en los bidones en el nivel inferior del *air-lift* ($86,7 \pm 1,9$) comparados con los otros sistemas (linterna = $56,6 \pm 6,2$; pochón = $49,6 \pm 7,5$; y bidón del *air-lift* superior = $38,8 \pm 7,6$).

En los dos primeros muestreos no se detectaron diferencias significativas en la supervivencia entre los sistemas (Fig. 7). La supervivencia fue significativamente mayor en el nivel inferior de los bidones comparada con el resto de sistemas en los días 64 y 88 (Fig. 7). En el último muestreo (día 114), la supervivencia en el *air-lift* en el nivel superior fue significativamente inferior (52%) a la del resto de los sistemas (90-97%; Fig. 7).

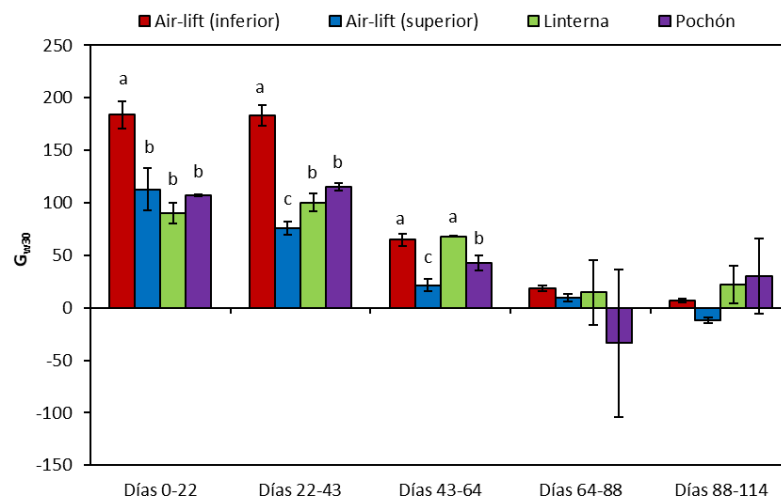


Figura 6.- Tasa instantánea de crecimiento en peso (G_{w30}) de almeja babosa en los sistemas de preengorde utilizados (media \pm desviación estándar). Las letras distintas muestran diferencias significativas ($P < 0,05$) para el mismo día de muestreo.

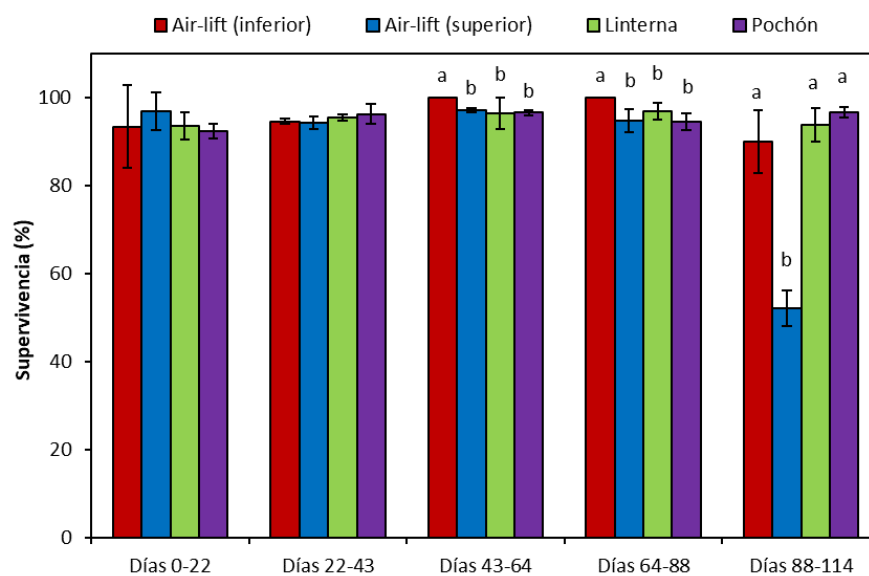


Figura 7.- Porcentaje de supervivencia de la semilla de almeja babosa en los sistemas de preengorde utilizados (media \pm desviación estándar). Las letras distintas muestran diferencias significativas ($P < 0,05$) para el mismo día de muestreo.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo para cada uno de los sistemas de preengorde utilizados muestran la elevada eficacia del flujo forzado frente a los otros dos sistemas de flujo pasivo (linternas y pochones), situados en la batea para el preengorde de almeja babosa *V. corrugata*.

A lo largo del periodo de estudio se registraron mortalidades, no alcanzando en ningún muestreo, y para ningún sistema, una mortalidad superior al 10%, a excepción del último muestreo en el nivel superior del *air-lift* y cuando la biomasa en este sistema era hasta seis veces mayor que en pochón o cuatro veces más que en la linterna, como se observa en la gráfica de supervivencia (Fig. 7).

Se seleccionaron como parámetros indicadores de las condiciones tróficas y ambientales la clorofila *a* y la temperatura del agua en la estación Xidoiros A4, perteneciente a la red centinela del INTECMAR. En este trabajo no se registraron temperaturas superiores a 19 °C en julio, por lo que durante en el periodo de máximas temperaturas registradas no se sobrepasó la temperatura óptima para el crecimiento de almeja babosa, que se sitúa en torno a 20 °C (Albentosa *et al.*, 1994). Hernández *et al.* (2011) establecieron una relación directa entre la clorofila *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$), y el biovolumen ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$), de modo que el valor de clorofila *a* representaría la disponibilidad de microalgas planctónicas en el área de ensayo y durante el tiempo de duración de este. Teniendo en cuenta la proximidad de las áreas de cultivo de este estudio se pueden establecer las diferencias reales entre los tres sistemas en un entorno con disponibilidades de alimento semejantes (Fig. 4). Al realizarse el estudio entre inicio de mayo y finales de agosto, la disponibilidad de alimento en el medio fue elevada, favoreciendo el crecimiento de la semilla, al observarse varios picos de clorofila *a* durante el periodo de estudio. En el manejo del sistema hay que tener en cuenta que la disponibilidad de alimento en el nivel superior del bidón con *air-lift* no es suficiente, ya que la semilla de almeja babosa que se cultiva en el nivel inferior retira eficientemente gran parte del alimento, reduciendo el crecimiento y reduciendo la supervivencia al final de la experiencia. Por lo tanto, se desaconseja utilizar dos niveles en el sistema de bidones.

Cerviño-Otero (2011) hizo una revisión de los trabajos de preengorde en distintos sistemas en intermareal y submareal utilizados en Galicia. En esta revisión se concluye que es difícil comparar las tasas de crecimiento obtenidas por distintos autores en cada uno de los sistemas, debido a la influencia de la talla/peso inicial y final de la semilla, o la época de inicial y duración del cultivo. Además de los factores citados en el trabajo de Cerviño-Otero (2011), se considera que las tasas de crecimiento pueden variar fundamentalmente en función de las tasas de ocupación iniciales y el manejo, aunque otros factores como las diferencias genéticas entre lotes utilizados o las variaciones interanuales de las condiciones ambientales pueden afectar a los resultados de cultivo. Las tasas de crecimiento en peso (G_{w30}) integrando todo el periodo de estudio (114 días) en bidones *air-lift* en el nivel inferior mostraron resultados similares a los obtenidos por De Santiago *et al.* (2007) y Guerra *et al.* (2007), en los que se utilizaron sistemas de bidones con un único nivel.

La comparación del incremento de biomasa entre sistemas parece evidenciar la mayor productividad del sistema de flujo activo en bidones de flujo forzado (tipo *air-lift*). A la hora de establecer el sistema más adecuado para el preengorde de semilla de almeja babosa, la elección puede depender de la disponibilidad o no de la fuente de energía necesaria para el adecuado funcionamiento del sistema de flujo forzado, frente a los de flujo pasivo. En localizaciones en las que no se disponga de suministro de corriente eléctrica parece interesante abordar la utilización de energías renovables generadas "*in situ*". En el resto de los casos, el cultivo de esta especie, podría realizarse en sistemas de flujo pasivo.

CONCLUSIONES

En este estudio se abordó la necesidad de comparar resultados referidos al incremento de peso alcanzado en el preengorde de semilla de almeja babosa, utilizando sistemas de diferentes dimensiones. Para ello los sistemas se dispusieron en zonas muy próximas con condiciones ambientales y tróficas semejantes y se estableció la misma tasa de ocupación inicial ($59 \text{ individuos cm}^{-2}$) para poder obtener conclusiones válidas.

Los resultados tras casi cuatro meses permiten concluir que, en las condiciones empleadas, en el nivel inferior de los bidones con *air-lift* se obtuvieron resultados de crecimiento 4 veces mayores que en pochón; 3 veces superiores a los de las linternas; y hasta 6 veces mayores que en el nivel superior de los bidones con *air-lift*.

La supervivencia no es un factor decisivo para escoger cualquiera de los tres sistemas ya que se comportan de forma similar. En el caso de los bidones con *air-lift* sería de interés el estudio de la carga máxima que soportaría el sistema utilizando un único nivel, para maximizar el crecimiento sin afectar a la tasa de supervivencia.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Agradecimientos

La experiencia se realizó en el marco de la Acción de Investigación “Procedimientos de cultivo intensivo de especies de interés marisqueiro”, concedida por la Dirección General de Desarrollo Pesquero de la Consejería del Mar, de la Xunta de Galicia. Los datos oceanográficos empleados fueron facilitados por el INTECMAR (Instituto Tecnológico para el Control del Medio Marino de Galicia). A Gregorio Rivadeneira, Juan José Sánchez, José Carlos Méndez y Sabela Abilleira por las tareas de cultivo realizadas en su periodo de formación como becarios de la Dirección General de Desarrollo Pesquero de la Xunta de Galicia, en las instalaciones del minicriadero del IGafa. A Óscar Fandiño y Carlos Argibay por las tareas de mantenimiento realizadas en los equipos empleados. A Rocío Rey Fernández por la edición de las imágenes del satélite.

REFERENCIAS

- Albentosa M., Beiras R. Pérez-Camacho A. (1994). Determination of optimal thermal conditions for growth of clam (*Venerupis pullastra*) seed. *Aquaculture*, 126:315-326.
- Cerviño-Otero A. (2011). Ciclo reproductivo, cultivo en criadero y en el medio natural de la almeja babosa *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803). Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España.
- Cerviño A., García A., De Coó A. (2005). Sistema de bolsas para preengorde de almejas en batea. In: Rey-Méndez M., Fernández Casal J., Izquierdo M., Guerra A. (eds). *Foro de los Recursos Marinos y de la Acuicultura de las Rías Gallegas*, 8:341-346.
- De Santiago J.A., Andrés M.C., Guerra A. (2007). Preengorde de almeja babosa *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803), mediante un sistema de flujo invertido forzado por “*air-lift*”, en la Ría de Camariñas (A Coruña). *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*, Vigo, España. pp: 423-426.
- De Santiago J.A., Graña L., Lampón V., Pombal M., Pouso O., Guerra A. (2009). A. Rendimiento de un sistema de preengorde para semilla de almeja, en flujo de agua invertido y forzado por *air lift*, en pantalán del recinto portuario de Camariñas (A Coruña). In: Rey-Méndez M., Fernández Casal J., Lodeiros C., Guerra A. (eds). *Foro de los Recursos Marinos y de la Acuicultura de las Rías Gallegas*, 12: 641-647.
- Guerra A., Nóvoa S., Besada M., Búa I., Lastres M., Fernández J. Asela R. (2007). Crecimiento y composición bioquímica de semilla de almeja japonesa (*Tapes philippinarum*) y almeja babosa (*Venerupis pullastra*), obtenida y cultivada en criadero en diferentes sistemas de preengorde y parques de cultivo. *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*, Vigo, España. pp: 467-470.

Hernández E., Aguirre N.J., Palacio J.A. (2011). Relación entre la determinación del pigmento Clorofila *a* y el Biovolumen geométrico algal en un lago de planicie de inundación (Ciénaga de Ayapel, Córdoba-Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia.* 60:159-169.

Pérez E., Pardo M.J. (2006). O cultivo de ameixa en batea: A experiencia da confraría de Moaña. In: Rey-Méndez M., Fernández Casal J., Izquierdo M., Guerra A. (eds). *Foro de los Recursos Marinos y de la Acuicultura de las Rías Gallegas*, 9: 263-269.

Sokal R., Rohlf J. (2001). *Biometry. The principles and practice of statistic in biological research*, 3rd edition. 887 pp.

Winberg G.G. (1971). *Methods for the estimation of production of aquatic animals*. Academic Press, London.

