

# Policultiu de peixos amb musclos (*Mytilus galloprovincialis*) a la costa d'Orpesa (Castelló)

Juan B. Peña i Forner<sup>1</sup>

S'han realitzat proves d'engreix de musclos (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) suspensos en policultiu amb els peixos d'una granja marina. La presència de la matèria orgànica en suspensió i la major proliferació de microalgues al voltant de les gàbies han afavorit el creixement d'aquests musclos respecte als col·locats en dos controls situats a diverses milles al nord de la granja marina, en un cas, i en condicions de laboratori, en l'altre.

*Paraules clau: policultiu, orades, llobarros, musclos, creixement, impacte ambiental, matèria orgànica, Mediterrània occidental.*

## Polyculture of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) with some fishes at the Oropesa del Mar (Castellón) coast.

Mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) were cultured at a superficial long-line around fish cages in open sea. The presence of suspended organic matter and the high concentration of microalgae associated with fish cages increase the growth of mussels at the long-line with respect to those grown at a control site located several sea miles northern from the fish farming and at laboratory conditions.

*Key words: polyculture, sea bream, seabass, mussels, growth, environmental impact, organic matter, western Mediterranean.*

## Introducció

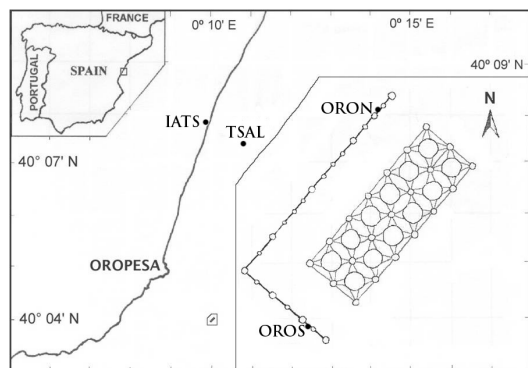
En els primers anys de l'actual segle, a la costa de Castelló van proliferar les granges marines dedicades al cultiu d'orades (*Sparus aurata* L.) i llobarros (*Dicentrarchus labrax* L.) en gàbies flotants a mar oberta, però en els últims anys s'ha reduït el seu nombre per la seva escassa rendibilitat, afectada per la introducció d'aquests peixos des d'Itàlia i Grècia. A Espanya la producció total d'orades en 2009 va ser de 23.690 t, disminuint a 20.360 t, el 2010 i a 16.930 t, el 2011, però el 2012 es va recuperar la producció arribant a les 19.430 t. Quant a les orades, la Comunitat Valenciana, amb 9.710 t (quasi un 50% de la producció total), és la regió més productiva. De llobarros, pel que fa a l'Estat, es van superar les 13.840 t el 2009, augmentant a 14.367 t el 2011 i a 14.270 t el 2012, de les quals a la Comunitat

Valenciana li van correspondre 2.500 t (17,5% del total) passant a ser el quart productor, després d'Andalusia, Múrcia i Canàries (APROMAR, 2013).

El cultiu intensiu dels peixos produeix gran quantitat de sèston procedent del pinso no consumit pels peixos i de la femta d'aquests (Ye et al., 1991). Aquesta matèria orgànica i inorgànica ocasiona un impacte ambiental a la columna d'aigua de mar circumdant i, especialment, en el sediment, on poden acumular-se diversos metres de partícules en suspensió sobre el fons marí. La naturalesa de l'impacte ambiental de les granges marines de peixos depèn d'una sèrie de factors que inclouen l'espècie conreada, el mètode de cultiu, la densitat d'amuntegament dels peixos, el tipus d'aliment subministrat, la hidrologia del lloc i la pràctica de maneig de l'explotació (White & Glenn, 2006).

En les últimes dècades s'ha desenvolupat un sistema integrat que millora la sostenibilitat del cultiu de peixos mitjançant el policultiu, suspenent macroalgues i/o bivalves als voltants de la granja marina (Jones & Iwama, 1991; Shpigel et al., 1993; Neori et al., 2004). Les macroalgues redueixen la concentració de nutrients (fosfats, nitrats, nitrats i amoni) produïts en el cultiu de peixos, mentre que els bivalves filtren directament les partícules en suspensió i les microalgues que han proliferat en l'ambient amb els alts nivells de nutrients. D'altra banda, el policultiu de les macroalgues i els mol·luscs filtradors amb els peixos desencadena la diversificació de les collites (Lefebvre et al., 2000), incrementant els beneficis de l'empresa, ja que s'obté una collita de peixos i una altra de bivalves i algues, atès que aquestes últimes espècies no necessiten una aportació d'aliments i, a la vegada, s'aconsegueixen aigües més netes en eliminar els nutrients i la matèria orgànica en suspensió.

Aquest estudi compara el creixement de musclos (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) en cultiu suspès prop de les gàbies amb llobarros (*D. labrax*) i orades (*S. aurata*) d'una granja marina situada a Orpesa (Castelló) amb el dels musclos de dos controls, un a la mar, a diverses milles al nord de la granja (Fig. 1), i un altre en condicions de laboratori. Aquest



**FIGURA 1.** Mapa de la costa de Castelló mostrant la ubicació de la granja marina d'Orpesa i dels dos controls IATS i TSAL. S'ha ampliat la zona de les gàbies i del palangre mostrant els punts de mostreig ORON i OROS.

**FIGURE 1.** Map of the Castellón coast showing the sea farm location off Orpesa del Mar and IATS and TSAL controls. The area of cages and long-line were enlarged showing the ORON and OROS sites.

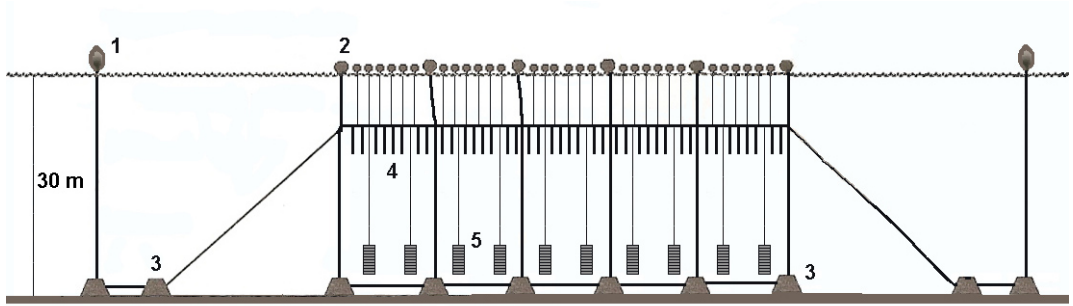
tipus d'engreix s'ha realitzat al sud d'Itàlia (Mazzola & Sarà, 2001), però no s'havia assajat a la costa espanyola.

## Material i mètodes

La granja marina TUN2000, localitzada davant Orpesa (Castelló), consta de 12 gàbies de 19 m de diàmetre, col·locades en dues files de sis, contenint orades i llobarros (Fig. 1). La posició geogràfica es troba en 40° 04' N, 0° 10' E, sobre fons d'arena fina a 28-33 m de profunditat.

Tenint en compte els corrents del NE, predominants a la zona, es va optar per construir un palangre submergit en forma de "L", paral·lel als costats NO i SO de la instal·lació, a uns 35 m de les gàbies amb peixos. A la Fig. 2 es representa un esquema del palangre. El cap, de 18 mm de diàmetre, es va mantenir paral·lel a la superfície i a uns 5 m de profunditat amb flotadors de superfície, que es van fixar al sediment mitjançant blocs de formigó. Del cap mare es van penjar un total de 73 cordes de 3 metres de longitud amb 15-20 kg de musclos en cadascuna, separades entre si per uns 5 m, quedant a la mateixa altura que les gàbies de peixos (entre 5 i 10 m de la superfície). A més a més, al palangre es van lligar una sèrie de cistelles apilades (cubanitos), situades entre 2 i 5 m del fons marí, amb altres bivalves, principalment pectínids.

El creixement dels musclos es va comparar als 4 punts: l'extrem nord del palangre NO (ORON), la part est del palangre SO (OROS), una corda similar fondejada davant de la platja de Torre de la Sal, a 12 m de profunditat sobre fons rocós, quedant els musclos entre 5 i 8 m de la superfície, en les mateixes condicions que els de palangre, però sense l'efecte de les gàbies de peixos (control TSAL) i els musclos d'una altra corda col·locats dins d'aquaris cilíndric-conics de 150 l de capacitat en les instal·lacions del IATS (control IATS), situats sota condicions naturals de llum i temperatura, en circuit obert d'aigua de mar filtrada a 1 micres de porus i alimentats de dilluns a divendres amb una barreja de microalgues composta per *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis gaditana* i *Tetraselmis suecica*. Per a fer el seguiment del creixement dels musclos es treia, amb caràcter mensual i a l'atzar, un lot de 20 exemplars de cada punt de mostreig.



**FIGURA 2. Esquema del palangre subsuperficial.** 1: boia perimetral. 2: boia de 50 kg. 3: morts. 4: cordes de 3 m amb musclos. 5: columna de *cubanitos* amb pectínids.

**FIGURE 2. Subsurface long-line diagram.** 1: perimeter buoy. 2: buoy of 50 kg. 3: weight. 4: ropes of 3 m long with mussels. 5: plastic cages with pectinids.

L'impacte ambiental de les gàbies de peixos s'ha analitzat determinant la concentració de partícules totals (sèston) i de matèria orgànica en suspensió al voltant dels tres punts de mostreig a la mar. Per a això, s'han filtrat mostres d'aigua a través d'un filtre de fibra de vidre Whatman GF/C que prèviament es va dessecar durant 4 hores a 425°C i es va pesar; després de la filtració, es va assecat en estufa a 60°C fins a pes constant, calculant així el pes sec de les partícules totals ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). La concentració de la matèria inorgànica es va determinar després de cremar el filtre en un forn a 425 ° C durant 4 hores, mentre que la matèria orgànica es va deduir per la diferència de pesos (sèston - matèria inorgànica). La concentració de clorofil·la *a* ( $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) es va determinar filtrant 2 alíquotes de 3.5 l d'aigua dels 3 punts de mostreig a través d'un filtre Whatman GF/C. El filtre s'introduïa en un tub amb 15 ml de cetona al 90% per a l'extracció dels pigments i, després de 24 hores a 4° C, allò que surava s'abocava en una cubeta per a la seva lectura a espectrofotòmetre a 750, 664, 647 i 630 nm. Les concentracions de clorofil·la *a* es van calcular segons les fórmules descrites per Parsons et al. (1985).

## Resultats i discussió

Durant els nou mesos que va durar el cultiu dels musclos al costat de les gàbies de peixos la temperatura de l'aigua va coincidir en els tres punts de mostreig al mar (ORON, OROS i TSAL) destacant les temperatures màximes d'agost (25.5° C) i les mínimes de febrer (10.8° C).

La matèria orgànica en suspensió va fluctuar segons l'època de l'any, ja que durant els mesos estivals els piscicultors proporcionen major quantitat de pinso als peixos, mentre que a l'hivern, tot i que es redueix la dosi, els peixos consumeixen menys i sol sobrar pinso que incrementa la concentració de matèria orgànica, en la columna d'aigua i en el fons, produint pics al juliol, setembre, desembre i març a les tres zones estudiades, observant major concentració de matèria orgànica en OROS, a causa del probable arrossegament de les partícules per la corrent del NE (Fig. 3). En el control TSAL es va detectar un màxim al setembre de  $6.2 \pm 0.3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  i un mínim de  $4.3 \pm 0.4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  al novembre. En ORON la major concentració de matèria orgànica es va calcular el març de 2006 amb  $7.1 \pm 0.3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  i el valor mínim es va registrar a l'agost amb  $4.7 \pm 0.3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . A la zona sud de la instal·lació (OROS) es van produir dos pics al setembre de  $8.2 \pm 0.4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  i al març  $8.2 \pm 0.2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  i dos mínims al novembre i al gener amb  $5.8 \pm 0.2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  i  $5.7 \pm 0.1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , respectivament.

Es van detectar tres pics de concentració del sèston o partícules totals en suspensió a l'aigua al setembre, desembre i març, que coincideixen amb els observats per a la matèria orgànica. Així, en ORON les concentracions màximes van detectar-se al desembre amb  $44.1 \pm 3.0 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  i al març amb  $43.1 \pm 0.7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  i les mínimes al juliol i octubre, amb  $36.0 \pm 3.0$  i  $36.0 \pm 1.3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Fig. 4). Les concentracions de sèston en OROS van ser superiors, destacant tres màxims al desembre, setembre i març amb  $48.0 \pm 2.1$ ,  $44.9 \pm$

1.0 i  $44.6 \pm 0.9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , respectivament, mentre que la concentració de partícules més baixa es va detectar al gener amb  $35.1 \pm 1.1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . En el control TSAL els pics de les concentracions de sèston es van registrar al març i desembre amb  $40.3 \pm 1.1$  i  $39.9 \pm 2.9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , respectivament, mentre que les menors concentracions es van donar a l'agost i octubre amb  $29.9 \pm 1.1$  i  $29.7 \pm 2.8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , respectivament.

En els tres punts mostrejats es van trobar concentracions màximes de clorofil·la *a* en gener amb  $1.388 \pm$

$0.001$ ,  $1.275 \pm 0.059$  i  $1.214 \pm 0.013 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  en OROS, ORON i TSAL, respectivament (Fig. 5). Les concentracions de clorofil·les a la Mediterrània occidental solen ser molt baixes en comparació amb altres mars més productius, encara que solen registrar pics a l'hivern, de desembre a febrer (Herrera & Margalef, 1963; Margalef & Herrera, 1964).

Els musclos cultivats en suspensió en les cordes verticals van mostrar un increment continu de la

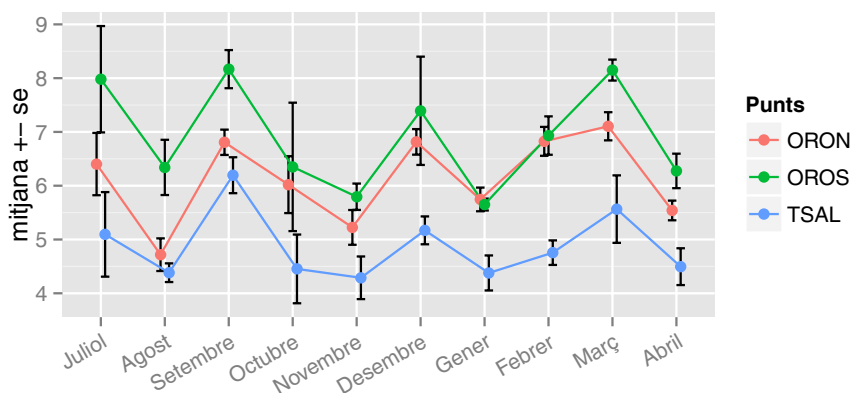


FIGURA 3. Concentració de matèria orgànica en els tres punts de mostreig: ORON, OROS i TSAL.

FIGURE 3. Organic matter concentration at the three sampling sites: ORON, OROS and TSAL.

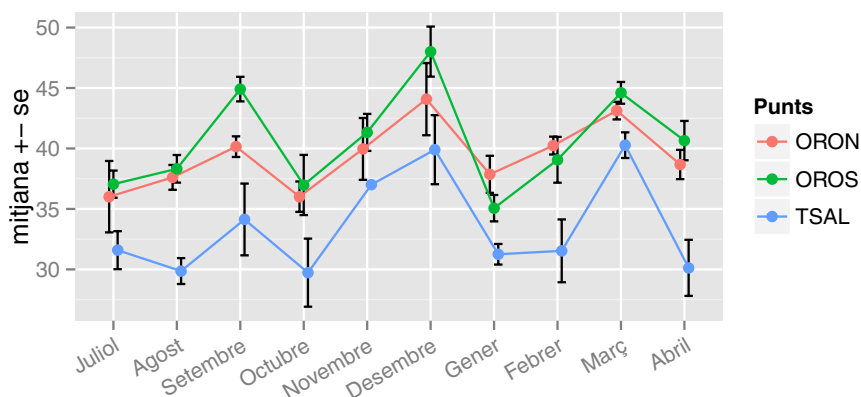


FIGURA 4. Concentració de sèston als tres punts de mostreig: ORON, OROS i TSAL.

FIGURE 4. Total particulate matter at the three sampling sites: ORON, OROS and TSAL.

longitud en els lots ORON i OROS, mentre que en els controls de TSAL i de IATS al tenir un creixement més lent, en comparació amb OROS i ORON, van generar descensos en la mida mitjana (Fig. 6). En ORON i OROS la longitud dels musclos es va incrementar poc durant l'estiu i la tardor, però a partir de gener de 2006 es van produir els majors augments, aconseguint els màxims de  $59.92 \pm 1.65$  i  $58.72 \pm 1.52$  mm, respectivament, a l'abril.

La mitjana del pes viu dels quatre lots de musclos mostrejats era molt similar a l'inici de l'experiment (Fig. 7), però a partir de desembre els lots de ORON i OROS van realitzar un gran increment del pes, passant a l'abril a pesar  $20.26 \pm 1.45$  i  $18.16 \pm 1.37$  g, respectivament. No obstant això, el pes de mitjana dels musclos dels dos controls va mostrar alts i baixos des de desembre fins a març, deguts a les freses durant l'època natural de la seva reproducció

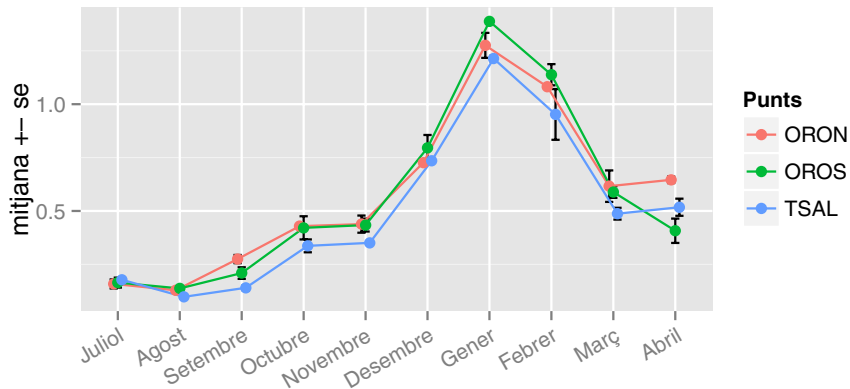


FIGURA 5. Concentració de clorofil·la a als tres punts de mostreig: ORON, OROS i TSAL.  
 FIGURE 5. Chlorophyll a concentration at the three sampling sites: ORON, OROS and TSAL.

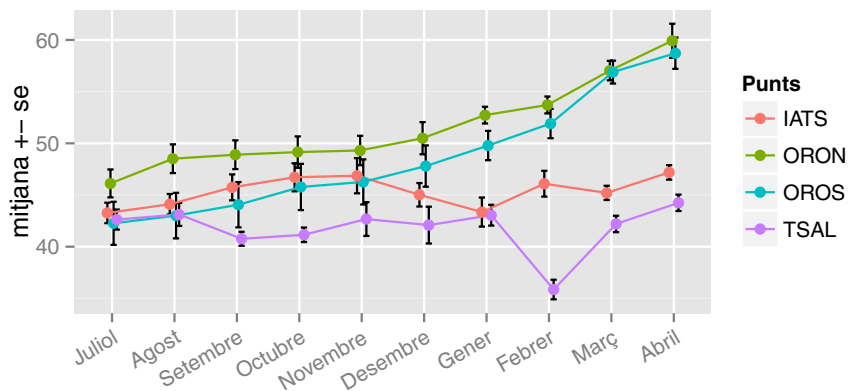


FIGURA 6. Longitud de conquilla dels musclos als quatre punts de mostreig: ORON, OROS, IATS i TSAL.  
 FIGURE 6. Shell length of some mussels at the four sampling sites: ORON, OROS, IATS and TSAL.

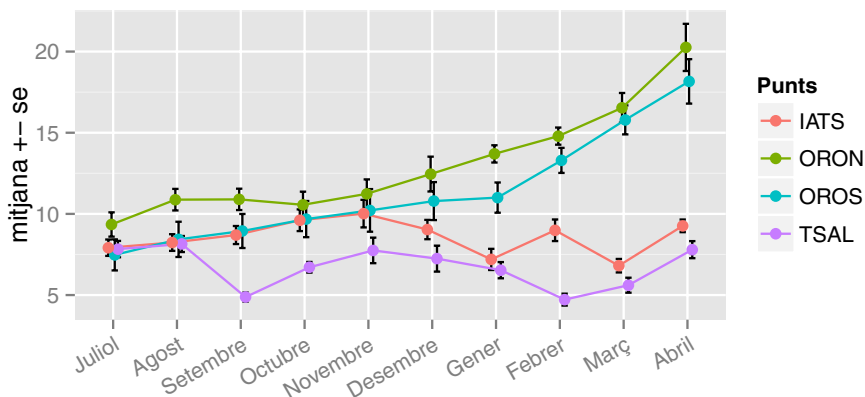


FIGURA 7. Pes viu dels musclos als quatre punts de mostreig: ORON, OROS, IATS i TSAL.

FIGURE 7. Live weight of some mussels at the four sampling sites: ORON, OROS, IATS and TSAL.

a la zona llevantina. Una explicació al bruscat descens de la longitud i del pes dels musclos mostrejats al febrer de 2006 en el control TSAL és que pel mateix pes i per l'efecte de l'onatge una gran quantitat de musclos es van desprendre en masses compactes a la part més profunda, quedant alguns exemplars més menuts entre 5 i 6 m de fondària (lloc habitual de mostreig per part del bus que baixava a pulmó lliure).

La taxa de creixement en pes viu dels musclos de la corda del control TSAL va ser negativa (-0,4%) i només es va incrementar en un 17% en el control IATS, mentre que en els lots conreats al costat dels peixos, aquesta taxa de creixement va ser de 116,7% en ORON i de 143% en OROS. D'altra banda, la taxa de creixement en longitud de conquilla va ser de 29,9% en ORON i de 38,9% en OROS, molt superiors a les calculades en els controls de TSAL (3,8%) i de IATS (9,1%).

Els musclos cultivats entre les gàbies de salmons a Escòcia van mostrar un creixement en conquilla i en carn lleugerament superior a l'observat en els musclos cultivats en muscleres sense salmons (Stirling & Okumus, 1995). No obstant això, Taylor et al. (1992) no van trobar diferències en el creixement de *Mytilus edulis* conreat al costat de les gàbies amb salmons pel que fa als controls. En l'experiment realitzat a la granja marina d'Orpesa

amb *Mytilus galloprovincialis* conreat al costat de les orades i llobarros hem detectat que l'efecte de les restes de menjar dels peixos i la seva femta produeix un major increment en longitud i en pes viu, bé per assimilar directament les partícules del pinso o bé pels nutrients (fosfats, nitrats, nitrats i amoni) que s'originen a partir d'aquell i produeixen una proliferació de les microalgues que els musclos s'encarreguen de filtrar. El creixement dels musclos dels controls ha estat significativament inferior, ja que el lot de TSAL no va rebre cap aportació extra de nutrients, mentre que el de IATS, tot i estar alimentat amb microalgues en condicions de laboratori, va experimentar un creixement inferior al detectat en les condicions naturals del mar.

## Conclusions

No s'han observat diferències significatives en el creixement en longitud i en pes viu dels musclos a les dues zones estudiades del palangre, però sí entre aquests i els controls (sense influència de la granja marina). Tot i engreixar els musclos durant la seua època natural de posta d'ous, s'ha detectat un major creixement en els lots situats al costat de les gàbies de peixos i una recuperació més ràpida després de la fresa. A causa de l'aportació de matèria orgànica i inorgànica a la columna d'aigua i al sediment sota i al voltant de les gàbies de peixos i, tenint en compte el

paper filtrador dels mol·luscs bivalves, seria aconsellable la instal·lació de palangres submergits en què es penjen cordes amb musclos i ostones, formant una espècie de cortina o barrera filtradora de partícules en suspensió.

El benefici per als piscicultors serà l'obtenció de dues collites, la dels peixos cultivats i la dels bivalves que engreixen al voltant de les gàbies, al qual dedicaran un mínim esforç. El benefici que obtindrà la societat es traduirà en unes aigües més netes per l'efecte filtrador dels bivalves.

## Agraïments

Aquest treball ha estat finançat a través del projecte PTR95-0713.OP del Ministeri d'Educació i Ciència. L'autor vol agrair la inestimable col·laboració de Ramon Carles de la depuradora CADEMAR SL d'Alcanar (Tarragona) pel subministrament dels musclos encordats. Un reconeixement especial a Teo Molinos de l'empresa TUN2000 d'Orpesa (Castelló) i als bussos Jesús i Roberto per la construcció del palangre submergit a les seves instal·lacions i les facilitats durant els mostrejos. Un agraïment especial a Raül Calvo i Francho Catalán per la seva ajuda en les anàlisis de l'aigua i en els mostrejos al mar.

## Bibliografia

**APROMAR. 2013.** La Acuicultura en España. 103 pág. [www.apomar.es](http://www.apomar.es) (Consultada el 5 de maig de 2014).

**Herrera, J. & Margalef, R. 1963.** Hidrografía y fitoplancton de la costa comprendida entre Castellón y la desembocadura del Ebro, de julio de 1960 a junio de 1961. Investigación Pesquera, 24: 33-112.

**Jones, T.O. & Iwama, G.K. 1991.** Polyculture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), with chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. Aquaculture 92: 313-322.

**Léfebvre, S., Barillé, L. & Clerc, M. 2000.** Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) feeding responses to a fish-farm effluent. Aquaculture, 187: 185-198.

**Margalef, R. & Herrera, J. 1964.** Hidrografía y fitoplancton de las costas comprendidas entre Castellón y la desembocadura del Ebro, de julio de 1961 a julio de 1962. Inv. Pesq., 26: 49-90.

**Mazzola, A. & Sarà, G. 2001.** The effect of fish farming organic waste on food availability for bivalve molluscs (Gaeta Gula, Central Tyrrhenian, MED): stable carbon isotopic analysis. Aquaculture, 192: 361-379.

**Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A. H., Kraemer, G., Halling, C., Shpigel, M. & Yarish, C. 2004.** Integrated aquaculture: rationale, evolution and state-of-the-art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. Aquaculture 231: 361-391.

**Parsons, G.J., Maita, Y. & Lalli, C.M. 1985.** A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, Oxford, England. 173 pp.

**Shpigel, M., Neori, A., Popper, D. M. & Gordin, H. 1993.** A proposed model for 'environmentally clean' land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. Aquaculture, 117: 115-128.

**Stirling, H. P. & Okumus, I. 1995.** Growth and production of mussels (*Mytilus edulis* L.) suspended at salmon cages and shellfish farms in two Scottish sea lochs. Aquaculture, 134: 193-210.

**Taylor, B.E., Jamieson, G. & Carefoot, T.H. 1992.** Mussel culture in British Columbia: the influence of salmon farms on growth of *Mytilus edulis*. Aquaculture, 108: 51-66.

**White H. & Glenn, H. 2006.** Environmental impact mitigation and bi-culture: a comparative legal analysis of flexibility within European legal regimes – biofilter deployment. Aquaculture International 14: 297-317.

**Ye, L., Ritz, D. A., Fenton, G. E. & Lewis, M. E. 1991.** Tracing the influence on sediments of organic waste from a salmonid farm using stable isotope analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 145: 161-174.

*Rebut el 7 de maig de 2014*

*Acceptat el 30 de juny de 2014*

