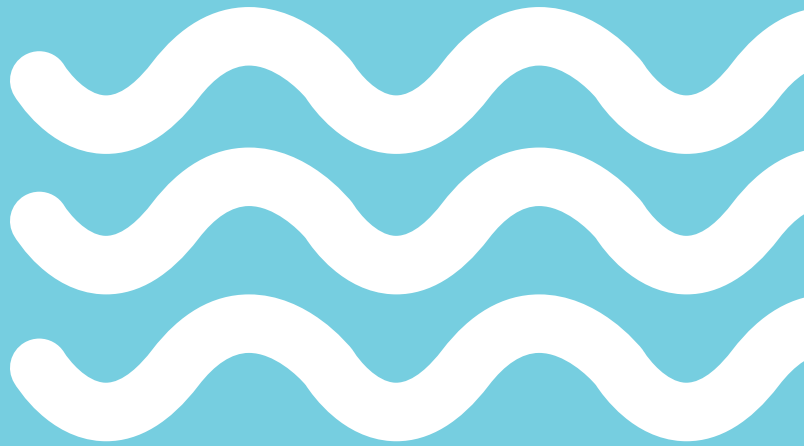


L'ARTÈMIA, FEM AQÜICULTURA A L'AULA



Projecte "Apropant el mar a les Terres de l'Ebre" (FCT-16-11457) finançat per:



Alumnat a qui va dirigit:

des de 1er ESO - Batxillerat

Àrees/Matèries:

Biologia i geologia.

Descripció de la proposta:

L'artèmia és un gènere de crustacis **branquiòpodes** que viuen a les aigües hipersalines de tot el món. De les diferents espècies que formen aquest grup, ***Artemia salina*** té el seu hàbitat a Catalunya a les llacunes litorals costaneres com les salines de la Trinitat del Delta de l'Ebre i és font d'aliment dels famosos flamencs, o a llacunes d'interior com les salines de Gerri de la Sal. Una altra espècie d'aquest grup de petits crustacis, l'***Artemia franciscana***, s'utilitza extensament en aqüicultura i aquariologia com a aliment per a larves de peixos. La característica fonamental que fan de les artèmies uns organismes tant importants per l'aqüicultura és la seva reproducció mitjançant **quistes**: produeixen uns ous envoltats d'una estructura que els protegeix de les condicions adverses com la dessecació. Això fa que els ous d'artèmia es puguin conservar molt fàcilment.

El seu cultiu amb finalitats didàctiques ofereix la possibilitat a l'alumnat de conèixer el cicle vital i la morfologia de cadascuna de les seves fases: quists, nauplis, metanauplis i adults. Així mateix l'alumnat també pot descobrir algunes tècniques emprades en l'aqüicultura: eclosió, collita i manteniment d'organismes vius. Per últim, també es pot esmentar la situació del gènere Artèmia en algunes llacunes del nostre territori, on l'espècie autòctona *Artemia salina* es troba desplaçada per l'espècie exòtica *Artemia franciscana*.

Aspectes didàctics i metodològics:

Aquesta proposta consta de dues sessions de treball per a portar a terme l'eclosió dels quists d'artèmia. Durant la primera sessió l'alumnat ha de preparar i confeccionar tot el material necessari per al cultiu i iniciar l'eclosió dels quists. Al cap de 24-36 hores (depenent de la temperatura) ja hauran eclosionat els primers **nauplis d'artèmia**. Així doncs, durant la segona sessió es podrà realitzar la collita, el comptatge de nauplis i l'observació al microscopi dels nauplis.

Es recomana realitzar ambdues sessions al laboratori. L'alumnat pot treballar en grups d'entre 2 i 5 persones per grup.

Finalment, per a qui vulgui observar el cicle vital complert s'hauran de preveure algunes sessions més complementàries d'observació al microscopi. A més, si s'opta per a realitzar un cultiu prolongat s'haurà de tenir en compte que el cultiu exigeix una vigilància diària (alimentació i manteniment de la qualitat de l'aigua).

Objectius:

- Observar la morfologia d'un crustaci i conèixer les diferents fases del seu desenvolupament larvari.
- Conèixer una estratègia de supervivència d'algunes espècies: l'enquistament dels ous en condicions desfavorables.
- Experimentar diferents tècniques de producció aqüícola i d'experimentació al laboratori.
- Comprendre la interacció entre l'ésser humà i l'artèmia i valorar les implicacions per la natura de l'ús en aquariologia i aqüicultura.

Competències bàsiques de l'àmbit científic-tecnològic:

- **Competència 1.** Identificar i caracteritzar els sistemes físics i químics des de la perspectiva dels models, per comunicar i predir el comportament dels fenòmens naturals.
- **Competència 2.** Identificar i caracteritzar els sistemes biològics i geològics des de la perspectiva dels models, per comunicar i predir el comportament dels fenòmens naturals.
- **Competència 9.** Dissenyar i construir objectes tecnològics senzills que resolguin un problema i avaluar-ne la idoneïtat del resultat.
- **Competència 11.** Adoptar mesures amb criteris científics que evitin o minimitzin els impactes mediambientals derivats de la intervenció humana.

Recursos emprats:

Per a l'eclosió

- Ous d'artèmia
- Sal
- Per a la construcció de cada eclosionador:
- Dues garrafes d'aigua de 5-8 litres
- Una bomba d'aire o compressor petit (aproximadament 110 l/h)
- Tub transparent de PVC
- Una pedra difusora
- Una pinça de la roba
- Un trepant ("taladro")
- Recipients de plàstic tipus carmanyola
- Llum de taula
- Lupa binocular
- Material per a l'observació amb lupa: plaques de Petri, pinces, etc.
- Material de suport al professorat: guia didàctica

Per al creixement i cultiu d'Artèmia:

- Recipients de plàstic tipus carmanyola
- Bomba d'aire o compressor, tub transparent i pedra difusora
- Aliment per a les artèmies (llevat o microalgues dessecades)
- Pipetes, malles per a filtrar
- Material de suport al professorat: guia didàctica

QUÈ SON LES ARTÈMIES? COM ÉS EL SEU CICLE DE VIDA?

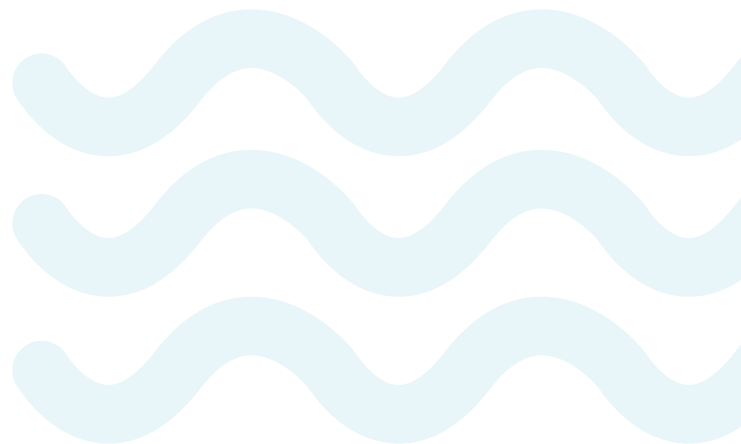
L'artèmia és un gènere de crustacis branquiòpodes que viuen a les aigües hipersalines de tot el món. Aquests petits crustacis que poden arribar a mesurar uns 2 cm, es poden cultivar en condicions de laboratori a partir dels seus ous enquistats.

De les diferents espècies que formen aquest grup, *Artemia salina* té el seu hàbitat a Catalunya en les llacunes litorals costaneres o a l'interior, en condicions extremes d'alta salinitat (aigües hipersalines). Aquestes condicions no poden ser suportades per molts dels seus depredadors com peixos o altres invertebrats, una circumstància que li confereix un gran avantatge en la seva supervivència. A Catalunya les artèmies es troben, per exemple, a les salines de la Trinitat del delta de l'Ebre (ACA, 2011) o a les salines de Gerri de la Sal (Amat i Green).



*Imatge 2: Exemplar d'artèmia adulta
(Font: Warren Photographic).*

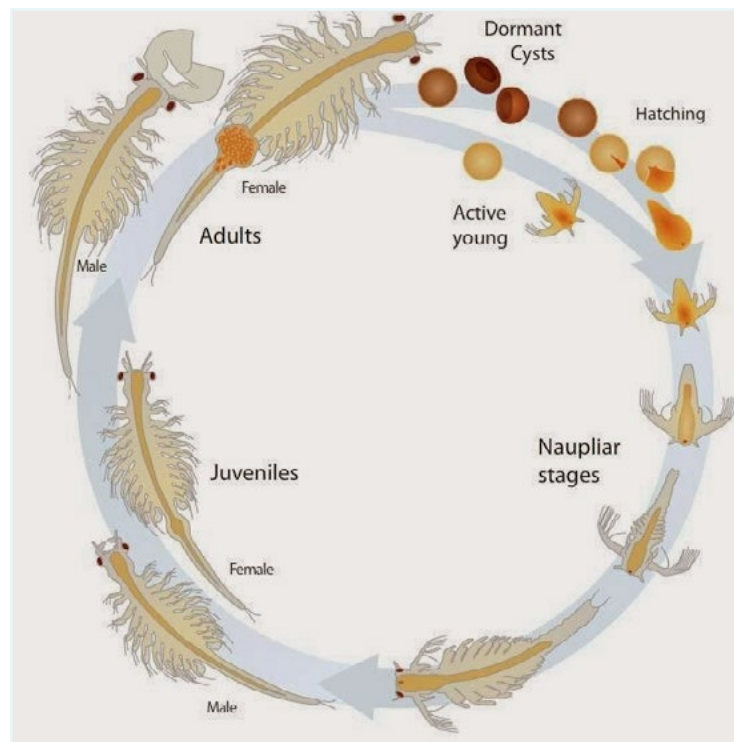
Una altra espècie d'aquest grup de petits crustacis, l'*Artemia franciscana*, s'utilitza extensament en aqüicultura i aquariologia com a aliment per a larves de peixos. La característica fonamental que fan de les Artèmies uns organismes tant importants per l'aqüicultura és la seva reproducció mitjançant quists: produeixen uns ous envoltats d'una estructura que els protegeix de les condicions adverses com la dessecació. Això fa que els ous d'artèmia es puguin conservar molt fàcilment. A més, la seva eclosió es pot dur a terme en 24-48 hores, d'aquesta forma s'obtenen un gran nombre de preses vives, de mida petita i aptes per a l'alimentació de larves de diverses espècies de peixos. Compte perquè aquesta espècie en concret és invasora al nostre àmbit local.



CICLE BIOLÒGIC DE L'ARTÈMIA:

En condicions ambientals favorables les artèmies es reproduïxen de forma normal: les femelles produeixen ous dels quals naixerà una petita larva anomenada **naupli** (de mida aproximada 400-500 μm). Fins arribar a l'estat adult les larves passen per diferents etapes intermèdies (nauplis, metanauplis) realitzant unes 14-15 mudes. Els adults, d'entre 1 i 2 cm, s'assoleixen al cap de 2 o 3 setmanes de desenvolupament.

Sota condicions adverses del medi, quan les llacunes tendeixen a dessecar-se de l'estiu a la tardor, les femelles d'artèmia poden produir uns **ous de resistència o quists**. Aquests quists, de diàmetre aproximat de 200 - 300 μm , estan recoberts per una membrana (còrion) que els conserva inactius. Aquest estat s'anomena diapausa, i és una parada reversible del metabolisme embrionari. Els quists poden activar-se i reprendre el metabolisme embrionari quan les condicions ambientals tornen a ser favorables.



Imatge 3: Cicle biològic de l'artèmia.

Els quists inactius floten a la superfície de les aigües hipersalines dels llacs i llacunes, condició que facilita la seva recollida del medi natural. Per a la seva comercialització, aquests quists són pescats, rentats i dessecats, de manera que s'assegura un emmagatzematge durant llargs períodes de temps.

Les artèmies passen diferents estadis de desenvolupament des del quist fins l'adult. Si realitzem tot el cicle es poden apreciar les diferències morfològiques de cada fase. Mentre la larva va creixent van formant-se i creixent els apèndix lobulars de la regió toràcica. Aquests apèndixs són un tret molt característic dels crustacis (la classe a la que pertany aquesta espècie junt amb les gambes, crancs, etc.). Tots els crustacis tenen un parell d'apèndix per segment, de formes

molt diferents segons la funció que hagin de fer: antenes i antènules, mandíbules i maxil·les, pinces, potes caminadores, potes adaptades per a la reproducció... En les larves de artèmia els apèndix toràcics s'aniran diferenciant poc a poc fins a formar **toracòpodes**. Quan siguin adults, aquests toracòpodes s'especialitzaran per a complir dos funcions: uns tindran funcions locomotrius i d'alimentació per filtració (telòpodes i endòpodes) i d'altres actuaran com a brànquies.

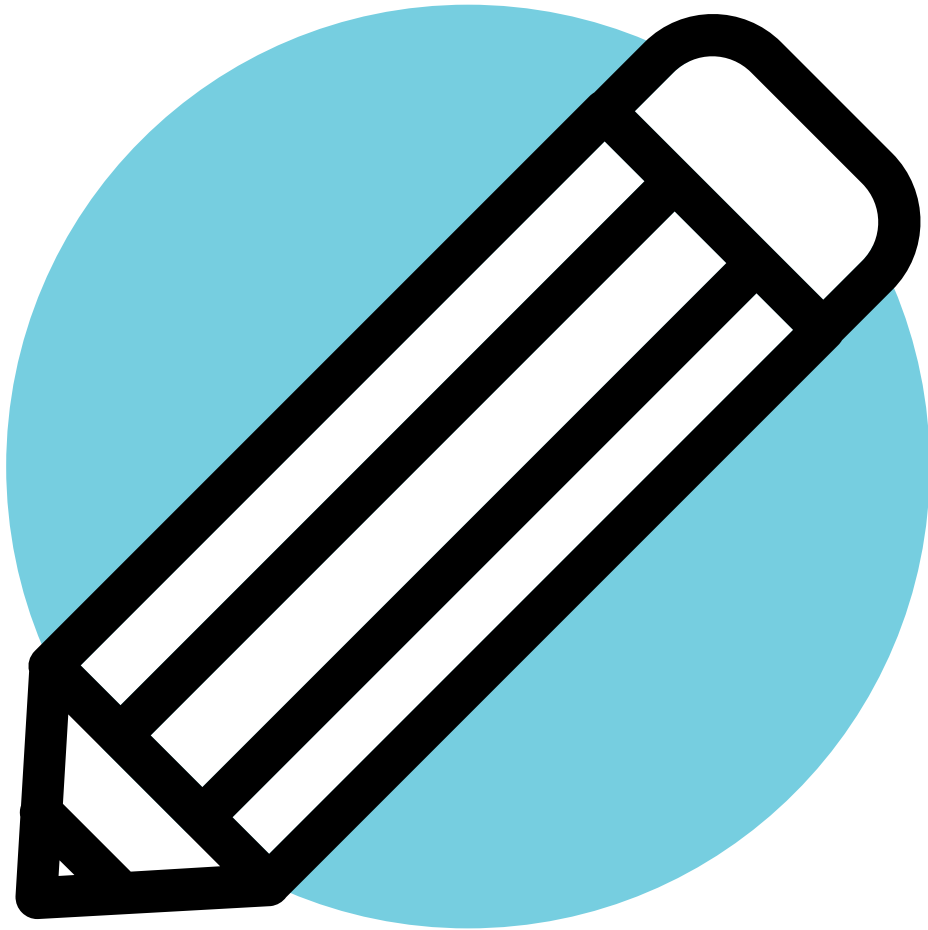
Però tornem a la petita larva: la larva naupli recent eclosionada ja presenta un petit ull naupliar i al cap de diverses mudes (unes 10 mudes) van apareixent ulls complexos als laterals de l'ull naupliar.

Finalment, un altre dels canvis morfològics importants és la **diferenciació sexual** en els adults: en els mascles el segon parell d'antenes es transformen en apèndixs corbats i musculars, i a la part posterior del tòrax tenen un parell d'apèndixs amb funció d'òrgan copulador. D'altra banda, les femelles no presenten aquesta especialització dels apèndixs, però son fàcilment diferenciables pel sac de posta d'ous situat al final del tòrax (veure Imatge 4).



Imatge 4: Mascle (a dalt) i femella (a baix) d'artèmia (Font: Neli Martín).





ACTIVITAT I QÜESTIONARI



COM ES POT CONSTRUIR UN ECLOSIONADOR CASOLÀ? QUI- NES SÓN LES CONDICIONS ÒPTIMES DE CULTIU? SEREM CA- PAÇOS DE TANCAR EL CICLE?

La proposta planteja dues possibilitats per al cultiu d'artèmies: realitzar tant sols l'eclosió d'artèmia (des de l'ou al naupli d'artèmia) durant dues sessions d'una hora; o fer el seguiment del creixement durant unes 2 o 3 setmanes (des de l'ou a la fase adulta). Així mateix, per a alumnat de batxillerat o 4rt d'ESO també es poden realitzar diferents experiments, com per exemple avaluar com influeixen les diferents condicions ambientals (temperatura, salinitat, etc.) en l'eclosió, el creixement o la supervivència de la població.

Així doncs, a continuació es descriuen les diferents sessions per a dur a terme les activitats.

PRIMERA SESSIÓ: CONSTRUCCIÓ DE L'ECLOSIONADOR I PREPARACIÓ DEL MEDI DE CULTIU

Per començar el cultiu d'artèmia fa falta construir un eclosionador d'ous i proporcionar a aquests ous les condicions adequades per a que puguin hidratar-se i eclosionar.

A les piscifactories aquests incubadors o eclosionadors son tancs troncocònics industrials, d'unes dimensions molt superiors a les que simularem durant aquesta pràctica. Els tancs estan equipats amb llum, escalfadors d'aigua i airejadors. A més, la forma troncocònica del tanc amb la sortida d'aigua per l'extrem inferior és molt important per a realitzar una bona collita de nauplis.



Imatge 5: Eclosionador industrial d'Artèmia (FONT: Instituto Español de Oceanografía)

Tot i que és possible aconseguir l'eclosió dels quists simplement amb aigua i oxigen, la qualitat de l'eclosió augmenta considerablement si proporcionem les condicions adequades. A més, amb les condicions òptimes de cultiu (sobretot de temperatura de l'aigua) és possible aconseguir l'eclosió en 24-48 hores. Segons els resultats de diversos investigadors, les condicions òptimes de cultiu són:

- Agitació de l'aigua: és necessari una petita bomba d'aire o airejador que proporcioni oxigen i moviment a l'aigua. Aquesta bomba d'aire ha d'estar connectada amb una pedra difusora que anirà col·locada al fons del tanc troncocònic
- Temperatura: entre 25 i 30 °C (a temperatures més baixes el temps d'incubació s'allarga molt)
- Salinitat: entre un 0 i 35 ‰
- Llum intensa
- Agitació

Els aficionats a l'aquariologia es fabriquen els seus propis eclosionadors casolans amb ampolles de plàstic com el de la imatge 6. Per a aquesta pràctica recomanen utilitzar garrafes de 5-8 litres per a la construcció del nostre eclosionador, en el que s'afegirà uns 2 litres de medi de cultiu.



Imatge 6: Eclosionador d'artèmia de fabricació casolana.

Per a aquesta quantitat de medi de cultiu (2 litres) es pot utilitzar un compressor d'aire d'uns 100 L/h per a airejar dos eclosionadors, tal com es representa en el següent esquema (Figura 7). Per tant, per a la fabricació de dos eclosionadors farà falta:

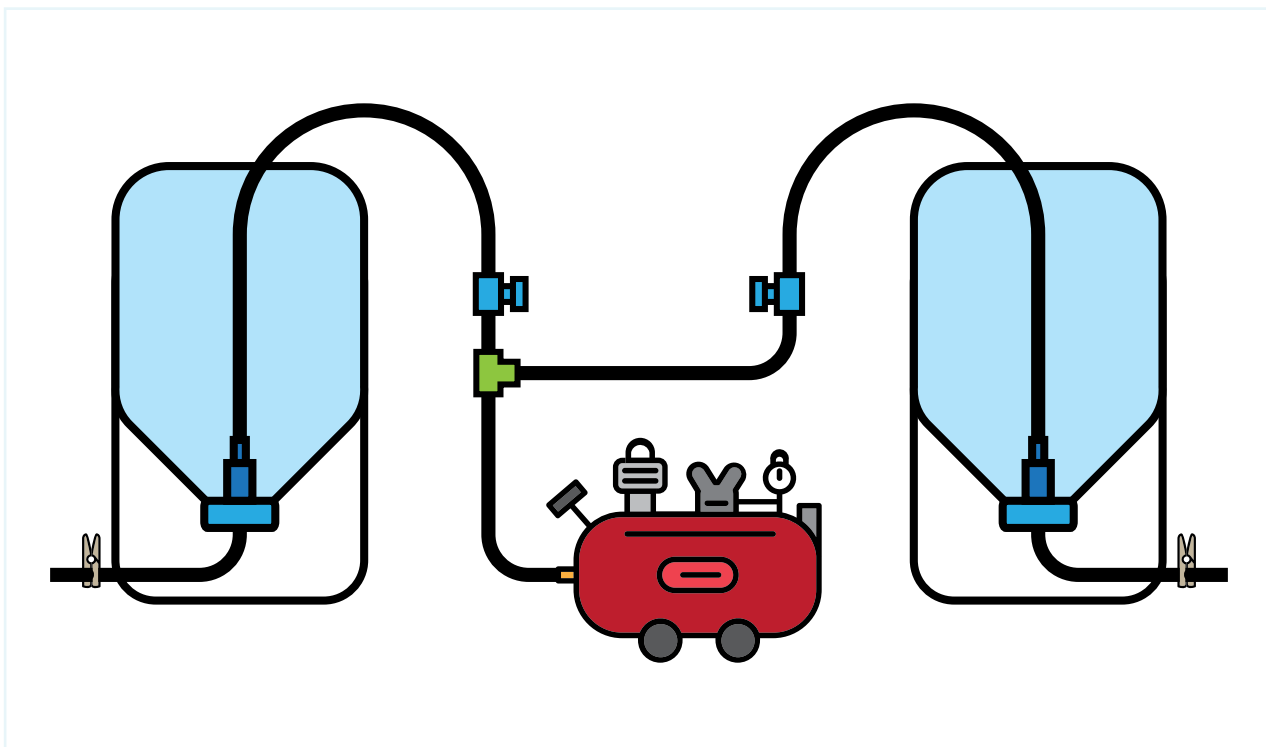
- 4 ampolles d'aigua de 5-8 litres.
- Compressor d'aire (de mida mitjana, per a aquaris de 50-100 litres i amb un cabal d'aire de 100 l/h)
- Mànega o tub de plàstic: com a mínim 1 metre
- Pedra difusora: dues unitats
- Material per a fer connexions a la mànega o tub de plàstic: una "T" i una o dues vàlvules d'aire
- Pinces de la roba: dues unitats
- Llum de taula: dues unitats

Les instruccions que els alumnes hauran de seguir per a la construcció són les següents:

1. Tallar la primera ampolla d'aigua més a prop de la base que de l'obertura, per a poder disposar d'un bon volum d'aigua
2. Tallar la segona ampolla d'aigua per a fer-la servir de base de l'eclosionador
3. Foradar el tap de la primera ampolla just el diàmetre del tub de plàstic (acostumen a ser de 4 mm)
4. Col·locar un tros de tub de plàstic des del tap fins a la sortida (cal fer un orifici a l'ampolla de la base. La sortida del tub s'ha de tancar doblegant-lo i posant una pinça.
5. Fer el muntatge del tub de plàstic des del compressor d'aire fins a la pedra difusora tal com s'aprecia a l'esquema. S'ha de col·locar la "T" per a bifurcar el tub i una o dues vàlvules per a controlar el flux d'aire i anivellar-lo per a que als dos eclosionadors arribi el mateix flux d'aire.

Un cop preparat l'eclosionador, el següent pas és preparar el medi de cultiu, és a dir, l'aigua on es posaran els quists per a incubar-los. La incubació dels ous es pot dur a terme amb aigua dolça o salada fins a 36-38‰, tot i que segons molts autors la millor taxa d'eclosió s'obté amb una salinitat de 5‰. Per a preparar aquesta salinitat s'ha de pesar la quantitat de sal necessària i afegir-la a l'aigua dolça. Per a obtenir un bon resultat és millor utilitzar la sal no iodada.

Per a dotar l'activitat d'un caire més científic i introduir als alumnes als mètodes de recerca es pot plantejar diferents assajos per a avaluar alguns paràmetres de cultiu com la temperatura o la salinitat en l'eclosió. Així doncs, podem preguntar-nos amb quina salinitat s'obtindrà una millor eclosió? O quina temperatura mitjana assegura una eclosió de la major part dels ous en 24 hores?



Imatge 7: Esquema per a la fabricació d'un ecllosionador d'artèmia a l'aula.



Imatge 8: Diversos ecllosionadors d'artèmia construïts per l'alumnat de 1er d'ESO de l'Institut de Flix durant la primera sessió del taller.



SEGONA SESSIÓ: COLLITA D'ARTÈMIA, AVALUACIÓ DE L'EXPERIMENT I OBSERVACIÓ DELS NAUPLIS AMB LUPA BINOCULAR

Depenent de la temperatura de cultiu al cap d' 1 o 2 dies (24-26°C) o 3-4 dies (18-22°C) ja podrem fer la collita d'artèmia. En aquell moment els petits nauplis d'artèmia ja són visibles a simple vista. A més, si s'atura un moment l'aireig és fàcil de distingir els nauplis, que naden, dels ous sense eclosionar.

Per a fer una bona collita s'ha de separar els nauplis de les closques i del quists que no han eclosionat. En un eclosionador professional la collita es fa aprofitant el **fototropisme positiu** dels nauplis i la forma "truncocònica" del tanc. El fototropisme positiu dels nauplis vol dir que se senten atrets per la llum. Així doncs,

en una piscifactoria es taparia completament el tanc i s'il·luminaria amb una llanterna o un llum només en un punt de la part superior. També s'aturaria l'aireig per a fer que s'acumulin al fons del tanc les restes de quists i closques. Aprofitant que gairebé tots els nauplis estan al costat de la llum, s'obriria la vàlvula inferior i es buidaria la part de l'aigua amb les restes de quists. A continuació, un cop purgat el tanc, es faria la collita d'artèmia.

Per a facilitar la separació dels nauplis de les closques i del quists que no han eclosionat també s'aprofita una característica dels ous d'artèmia secs: en algun moment de la preparació per a la comercialització **aquests ous són magnetitzats**. Així doncs, per a fer la collita d'artèmia es fa passar tota l'aigua per l'interior d'un tub ple d'imants, de manera que les closques o els ous no eclosionats (que segueixen sent magnètics) queden enganxats al tub, mentre que els nauplis (que no són magnètics) passen per l'interior fins al recipient de recollida.

A l'aula, la collita la realitzarem d'una forma molt més simple, ja que al treballar en un volum d'aigua tant petit no podem aprofitar el fototropisme positiu o la magnetització dels ous per a millorar la nostra collita. Així doncs, els passos a seguir per la nostra collita són:

- Parar l'aireig
- Deixar sedimentar durant uns 5 minuts.
- Separar l'artèmia sedimentada en un petit recipient (treure la pinça i buidar l'eclosionador només 1-2 segons)
- Buidar dins d'un recipient més gran (cul de la garrafa) la resta d'aigua amb artèmia (collita) fins que quedin uns 2 dits d'aigua dins l'ampolla.

Per a fer l'observació dels nauplis amb la **lupa binocular** és interessant observar les dues mostres separades: el rebuig i la collita. En el rebuig es podran veure ous sense



Imatge 9: Alumnat de 1er d'ESO de l'Institut de Flix durant la segona sessió del taller, realitzant l'observació dels nauplis d'artèmia.

eclosionar, closques d'ou i nauplis d'artèmies morts. En aquests és fàcil d'examinar la morfologia del naupli. D'altra banda, per observar la collita (nauplis vius) és interessant concentrar una mica la mostra, per lo qual necessitarem una malla fina (uns 160 μm) o una pipeta i una mica de paciència.

En cas d'haver plantejat el taller com una petita recerca, on els diferents grups d'alummat hagin estudiat l'efecte de les condicions ambientals (temperatura o salinitat) en l'èxit de l'eclosió, cada grup haurà de mesurar alguns paràmetres com la taxa d'eclosió o la velocitat d'eclosió. Per a mesurar el primer paràmetre s'haurà d'estimar la quantitat d'ous eclosionats en relació als ous posats a cultivar.



ALTRES SESSIONS: DES DE L'ECLOSIÓ A L'ESTAT ADULT

Si es disposa de temps per a realitzar altres sessions és interessant seguir amb el cultiu per a poder observar els diferents estadis de desenvolupament des del quist fins l'adult. Aquest cicle pot durar entre 2 i 3 setmanes si mantenim una temperatura adequada (25-30 °C). Durant aquest temps s'han de realitzar petites tasques de manteniment del cultiu: alimentar i netejar.

Per al manteniment del cultiu d'artèmia és preferible utilitzar un recipient rectangular transparent (tipus "tupper"), ja que és més fàcil regular el moviment de l'aigua. Per al creixement no és necessària tanta agitació com teníem per a l'eclosió, ja que simplement fa falta que l'aigua estigui oxigenada i amb un lleuger moviment.

L'alimentació de les artèmies és molt simple, es pot utilitzar **microalgues liofilitzades** (com l'espíulina), que es poden comprar en molts supermercats (en la secció de complements alimentaris). S'ha d'alimentar preferiblement un cop al dia amb una petita quantitat de microalgues. S'ha de vigilar de no alimentar en excés per a no embrutar l'aigua.

També és important mantenir una correcta neteja del tanc. Per aconseguir-ho s'ha de netejar el fons del tanc diàriament. Es pot aprofitar el moment de l'alimentació per a treure la brutícia del tanc amb l'ajuda d'una pipeta.

Finalment, també és convenient fer un canvi d'aigua cada 3-4 dies. Prèviament s'ha de preparar l'aigua a la salinitat adequada i comprovar que les dues aigües (l'aigua nova i l'aigua de cultiu) estiguin a una temperatura semblant. Llavors s'ha de substituir aproximadament 1/3 de l'aigua. Com que els primers dies els nauplis d'artèmia són molt petits, l'operació de retirada d'aigua de cultiu és una mica complicada. Per això, durant els primers dies, quan són petites, enlloc de substituir aigua, es pot afegir-ne.

BIBLIOGRAFIA:

Agència Catalana de l'Aigua. 2011. Avaluació de l'estat i el risc d'invasió per espècies exòtiques dels ecosistemes aquàtics de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya. 97 pàg.

Amat, F. i Green, A.J. El crustáceo americano *Artemia franciscana* invade las salinas ibéricas y amenaza con desplazar a las tres formas autóctonas.

ENLLÇOS D'INTERÈS:

Eclosió d'artèmia (vídeos):

<https://www.youtube.com/watch?v=ZQXCa2TgcM4>

<https://www.youtube.com/watch?v=MrelMwwMCGQ>

Separació de quists d'artèmia magnetitzats (vídeo):

<https://www.youtube.com/watch?v=kJhiiLugcjc>



Projecte "Apropant el mar a les Terres de l'Ebre" (FCT-16-11457) finançat per:



FUNDACIÓN ESPAÑOLA
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA

