

QB⁰⁶

Quaderns blaus
DOCUMENTS DE TREBALL

La diversitat de formes de reproducció dels peixos

**Margarida Casadevall i
Marta Muñoz**

Biologia Animal. Universitat de Girona

QB006
La diversitat
de formes
de reproducció
en peixos

Margarida Casadevall
i Marta Muñoz

Biologia animal - Universitat de Girona

Pesca i ciència 2002.

Jornades de divulgació al sector pesquer dels resultats de la recerca.

Edita **Càtedra d'Estudis Marítims (Universitat de Girona
i Ajuntament de Palamós) i Museu de la Pesca**
© del text **Margarida Casadevall i Marta Muñoz**
Assessorament lingüístic **Teresa Cuadrado**
Disseny de les cobertes i format interior **Lluís Pareras Disseny Gràfic**
Imprès a Catalunya per **Copisteria Miracle**

Patrocina:  **Generalitat de Catalunya**
Departament d'Agricultura,
Ramaderia i Pesca
**Direcció General de Pesca
i Afers Marítims**

Col·labora:  **Diputació de Girona**  **Federació Territorial de
Confraries de Pescadors
de Girona**

Secretaria de publicacions **Museu de la Pesca**
Pl. Països catalans, s/n - 17230 Palamós
T 972 60 12 44 - F 972 31 21 44
museudelapesca@palamos.org

Dipòsit legal B-38563-2003
ISBN 84-933072-6-2

Es prohibeix la reproducció total o parcial d'aquesta obra,
en qualsevol de les seves formes, gràfica o audiovisual,
sense l'autorització prèvia i escrita de l'editor, llevat de citacions
a revistes, diaris o llibres, sempre que es faci esment
de la seva procedència.

Introducció

Dins del que de manera general anomenem reproducció sexual, en el món animal, hi ha una àmplia varietat d'estils, en els extrems dels quals hi trobem l'oviparitat i la viviparitat.

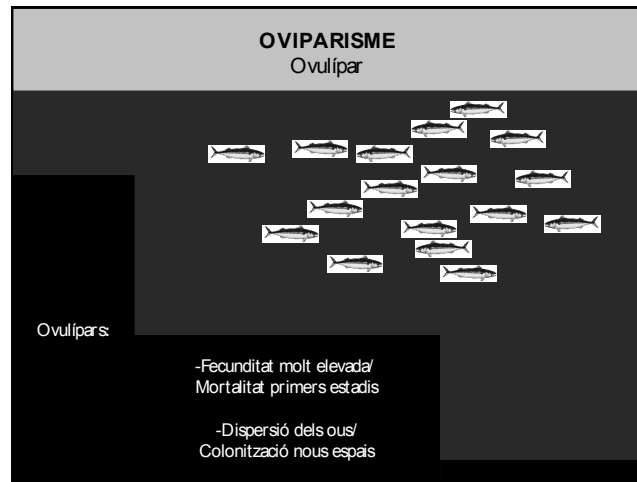
Els peixos tenen la particularitat de tenir representats, dins del grup, tots aquests estils diferents i de vegades, com és el cas de les escòrpores, els trobem tots representats dins d'una sola família.

QUINS SÓN AQUESTS ESTILS DIFERENTS?

El que vulgarment anomenem **oviparisme** té, bàsicament, tres nivells diferents:

- L'**ovuliparisme** es refereix a l'alliberació dels òvuls per part de la femella i la fertilització és externa, sovint a l'aigua
- Anomenem **zigòpares** aquelles espècies en què els ous són fertilitzats dins de les estructures reproductives de la femella, són retinguts per un període de temps variable, normalment breu i són postos quan ja ha començat el seu desenvolupament.
- Les espècies **embriòpares** són les que pareixen cries vives. En moltes espècies la femella no desenvolupa una placenta. Sovint aquest grup d'espècies han rebut el nom d'ovovivíparas. El terme, però no és gaire encertat, perquè inclou diverses variants.

El **viviparisme** placentari inclou aquelles espècies que pareixen cries vives que han estat alimentades per la femella a través d'una estructura placentària autèntica.



Ovulparisme

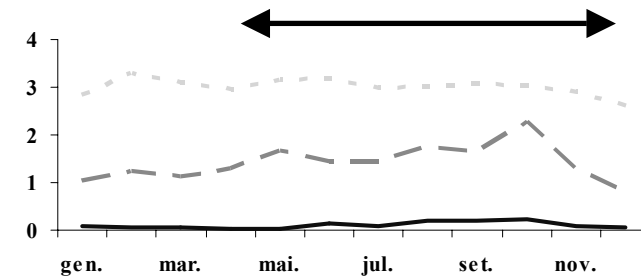
El comportament ovulpar s'ha anat diversificant i es poden distingir diverses estratègies reproductives:

Posta col.lectiva

Aquesta és l'estratègia més primitiva i més senzilla entre els ovípars i consisteix en la reunió en un espai concret del major nombre possible de mascles i femelles al mateix moment. Moltes espècies d'aquestes ja són espècies migradores que es mouen *en grans bancs* i només es tracta de sincronitzar, en un moment adequat, l'emissió d'òvuls madurs i esperma a l'aigua. Quan són espècies que viuen *més solitàries* es reuneixen circumstancialment per emetre els seus productes sexuals a l'aigua conjuntament.

Figura 3. Cicle anual d'espècies zigòpares. (IGS = índex gonadosomàtic, IHS = índex hepatosomàtic, K = factor de condició). El cas d'*Helicolenus dactylopterus*.

Mascles



Femelles

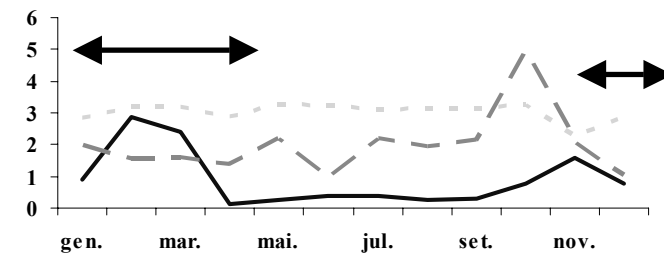
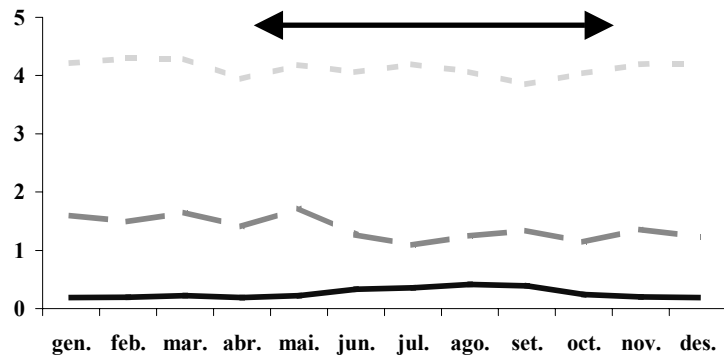
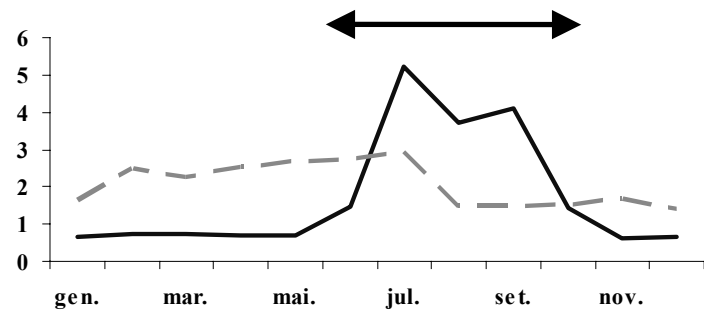


Figura 2. Cicle anual d'espècies ovíparas especialitzades. (IGS = índex gonadosomàtic, IHS = índex hepatosomàtic, K = factor de condició). El cas de *Scorpaena notata*.

Mascles



Femelles



Els ous, *pelàgics*, fertilitzats a l'aigua són abandonats a la seva sort. L'estratègia requereix un *índex de fecunditat altíssim*: cal produir milers d'ous per assegurar que un nombre mínim siguin fertilitzats (un problema freqüent és que molts ous es dispersen per l'aigua abans d'haver estat fertilitzats) i que, d'aquests, en puguin sobreviure un nombre mínim, perquè la mortalitat d'ous i larves és molt gran. Una sola femella de lluç pot arribar a pondre 6.000.000 d'ous. De vegades és *una sola posta l'any*, però en moltes espècies són *diverses postes* al llarg d'un període de temps favorable per al desenvolupament dels alevins.


L'avantatge del mecanisme és que la mateixa dispersió produïda per l'aigua d'ous i larves permet la colonització de nous espais per l'espècie. A més, de forma característica són espècies de desenvolupament ràpid i que assolixen també la maduresa sexual amb relativa rapidesa.


És, sens dubte, l'estratègia més freqüent i, realment, de les aproximadament 25.000 espècies de peixos de tot el món, 20.000 espècies practiquen aquesta estratègia reproductiva.

OVIPARISME Ovulípar

ELS NIUS


Gòbits o cabots o burrets, xucles, castanyoles, baboses...





Estratègies de protecció

- postes enganxades al fons, a les algues o fanerògames: areng
- amagades en petxines, tubs de poliquets, cavitats o orificis: burrets



LA INCUBACIÓ

Moll reial o rei, Cavallet de mar

- nius pròpiament preparats per a la posta
- cura parental amb vigilància o incubació

Posta controlada

Una manera de controlar la fertilització de tota la posta és evitar que aquesta es dispersi abans d'haver estat fertilitzada pel mascle. Un requeriment previ sembla que ha de ser que s'estableixi un mecanisme d'aparellament entre un mascle i una femella, de manera que aquesta no posa els ous fins que no en té assegurada la fertilització.

Un exemple d'aquesta estratègia la trobem en el que nosaltres hem observat en algunes espècies d'escòrpora i que requereix una certa especialització de les estructures reproductores.

Algunes espècies el que fan és enganxar les postes al fons, entre les algues (areng) o amagar-les en petxines de bivalves, tubs de poliquets, etc. No hi ha protecció per part dels progenitors, però tampoc són fàcils de trobar per part dels depredadors.

Els nius

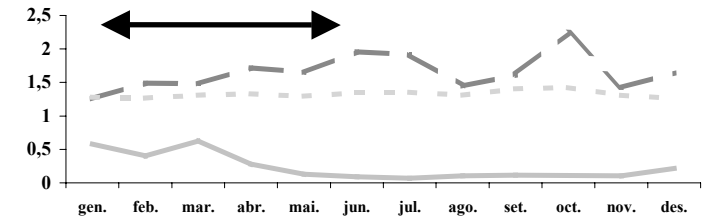
Algunes espècies fan nius. Generalment són espècies territorials, que defensen un espai (el mascle) i preparen un lloc adequat per a la posta. Després atreuen una femella, sovint són espècies que o bé presenten dimorfisme sexual (mida, coloració) a bé presenten una lliurea nupcial més ostentosa en època d'aparellament (alguns làbrids, blènnids). De vegades tapen la posta i la deixen (alguns làbrids), de vegades es queda el mascle a vigilar-la (en la majoria dels casos), poques vegades és la femella i rarament els dos individus de la parella.

La incubació

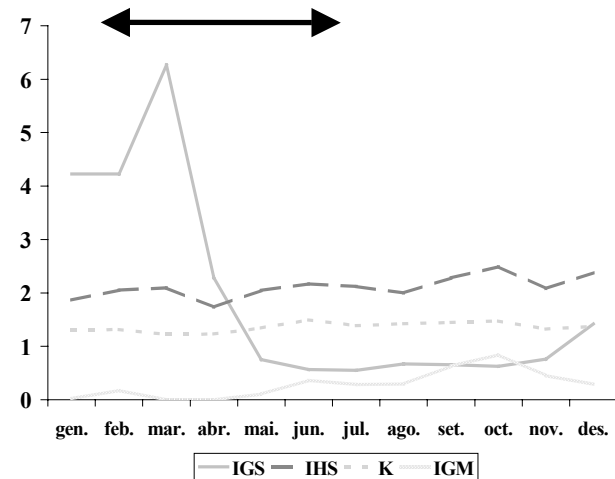
La incubació té l'avantatge, enfront de la de posta col·lectiva, de permetre reduir el nombre d'ous i produir-los més grans, amb la qual cosa incrementen doblement les possibilitats de supervivència dels alevins

Figura 1. *Cicle anual d'espècies típicament ovíparas. (IGS = index gonadosomàtic, IHS = index hepatosomàtic, K = factor de condició, IGM = index de greix mesentèric). El cas d'Aspitrigla obscura.*

Mascles



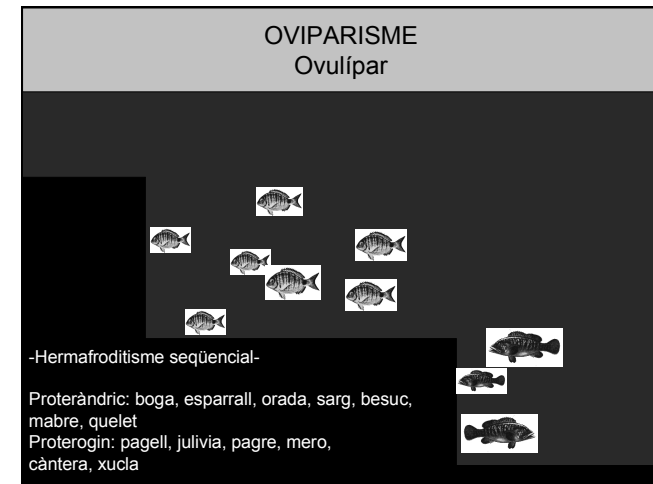
Femelles



Com a punts a destacar dels nostres estudis, a més de les característiques reproductives de cadascuna de les espècies que hem estudiat, podem dir que l'estratègia reproductiva intermèdia entre l'oviparisme i el viviparisme presenta aquestes particularitats:

- L'existència d'un desfasament temporal entre la maduració de les femelles i la dels mascles
- La secreció, per part de l'epiteli intern que recobreix l'ovari, d'una massa gelatinosa que engloba la posta
- En alguns casos, espermatogènesi semicística
- Ordenació dels espermatozoides en els conductes de sortida del testicle
- Evolució cap a una fecundació interna
- En el cas del penegal, emmagatzematge intraovàric d'espermatozoides

(protecció i nodriment). Contràriament no es produeix dispersió (no colonitzen). En tenim dos casos molt particulars entre els nostres peixos: la incubació bucal del moll reial o escanyavelles i el veritable marsupi del cavallet de mar, sent sempre els mascles els que es fan càrrec dels ous i els protegeixen.



Els hermafrodites

Són espècies majoritàriament ovulíparas i litorals i se'n presenten dos tipus.

-*L'hermafroditisme seqüencial*, amb un gran nombre d'espècies conegudes i sobretot pertanyents a tres famílies de peixos: Serranidae (nero, forcadella, etc), Sparidae (sargs, oblades, pagell, orada o esparrall) i Labridae (tords, llavió, julivia, fadrins). Es diu que és seqüencial perquè el peix passa un període de la seva vida com a mascle i un altre, com a femella. Si és en aquest ordre es parla

d'hermafroditisme proteràndric. Si l'animal és primer femella i després mascle, es parla d'hermafroditisme proterogin.

En algunes espècies es complica una mica més. El cas de la juliola o del fadrí, per exemple, són casos d'hermafroditisme proterogínic parcial: hi ha individus, més joves, que tant poden ser mascles com femelles i després hi ha mascles secundaris, que són les femelles que han canviat de sexe.

En els làbrids hi sol haver sovint també jerarquies socials, amb mascles dominants que són els que fan nius i fertilitzen els ous de diverses femelles i mascles paràsits que també fertilitzen les postes.

-*L'hermafroditisme simultani o sincrònic* és menys habitual i implica que l'animal té ovaris i testicles funcionals simultàniament, o bé té el que s'anomena un "ovotestis", és a dir una sola estructura gonadal però dividida anatòmicament en dues parts. Aquest tipus d'hermafroditisme es dona en poques espècies litorals, per exemple la vaca serrana (*S. scriba*) o l'oblada (*O. melanura*) i no implica autofecundació. En aquests casos concrets es produeix aparellament de dos individus. L'altre ambient on es dona aquest tipus d'hermafroditisme és a gran profunditat, en algunes espècies dels fons abissals i aquí té un sentit més estricte de conservació de la població: la baixa densitat d'individus sovint obliga a l'autofecundació.

Al final, aquest quist es trenca i els espermatozoides, ja formats, van a parar al centre del testicle on hi ha els conductes de sortida.

Una particularitat que hem detectat és que en algunes espècies d'escòrpores i pixotes (gèneres *Scorpaena* i *Ophidion*, respectivament) el tipus de desenvolupament és diferent del de la majoria de peixos: els quists es trenquen abans d'hora, de manera que els diferents estadis es troben barrejats dins dels túbuls seminífers. Aquest tipus especial de desenvolupament s'anomena espermatogènesi semicística i ha estat descrita en molt poques espècies.

A més dels conductes centrals, algunes d'aquestes espècies presenten conductes perifèrics plens d'espermatozoides ordenats, amb tots els caps dirigits cap a fora i les cues cap al centre del conducte. Aquesta ordenació segurament facilita que els espermatozoides s'alliberin agrupats sobre la massa gelatinosa que engloba els ous, evitant així que se'n perdin en el medi.

La **morfologia dels espermatozoides** també depèn de l'estratègia reproductiva de l'espècie.

Les espècies bàsicament ovíparas, com per exemple les lluernes (gèneres *Trigla* i *Aspitrigla*, entre d'altres) tenen un espermatozoide amb el cap rodó.

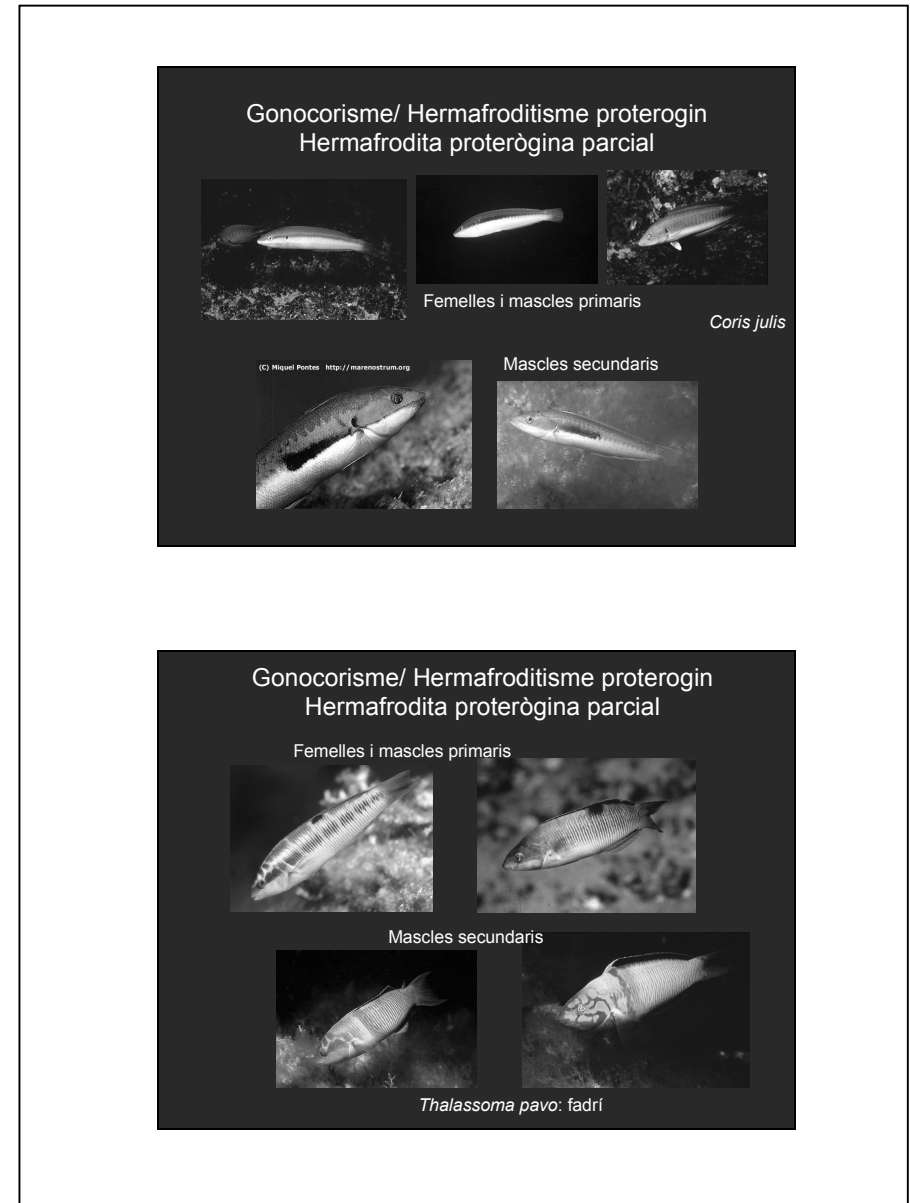
Les espècies més especialitzades, com les escòrpores, tenen un cap menys arrodonit i amb una peça mitjana (on hi ha els orgànuls cel·lulars encarregats de la respiració i, per tant, la font d'energia de l'espermatozoide), més llarga. Així l'espermatozoide té més energia disponible i, per tant, aguanta més temps actiu.

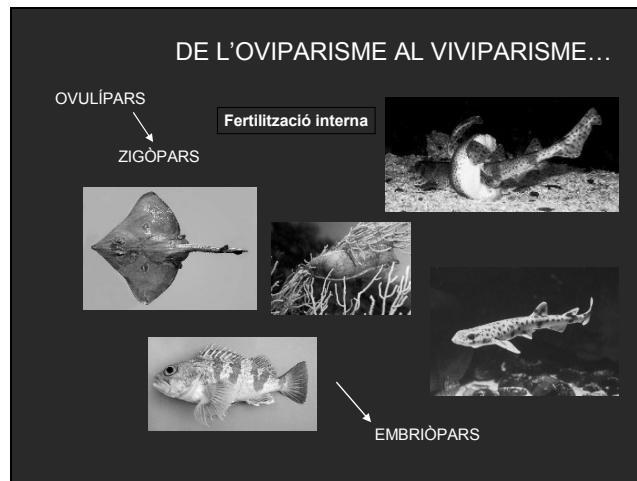
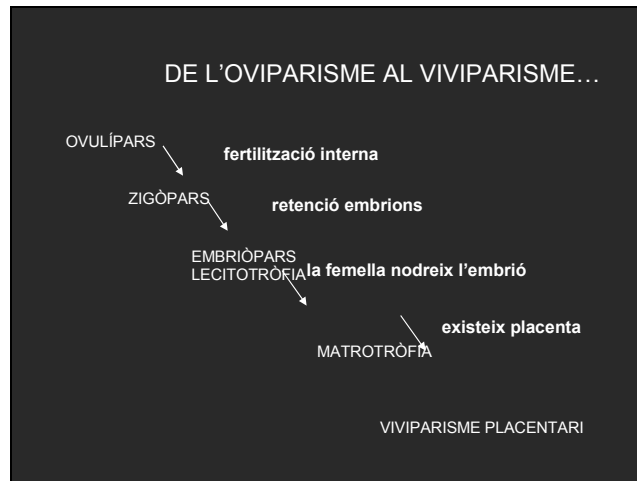
Finalment, les espècies més properes al vivíparisme i amb fecundació interna, com per exemple el penegal, el cap és allargat (així passa millor a través dels conductes femenins que ha de remuntar fins arribar a l'ovari) i la peça mitjana és encara més allargada.

En el cas del penegal (*Helicolenus dactylopterus dactylopterus*), espècie ja més propera al viviparisme, el cicle anual és molt diferent. Resulta que quan el mascle té el testicle ple d'espermatozoides, la femella està immadura. Així mateix, quan la femella té els òvuls madurs, el mascle no té espermatozoides (Fig. 3). Com ho han solucionat? Doncs emmagatzemant els espermatozoides dins de l'ovari durant llargs períodes de temps. La femella d'aquesta espècie és capaç de guardar els espermatozoides durant 10 mesos i aconseguir que, arribat el moment de la fertilització, aquests espermatozoides es reactivin.

El mascle del penegal té com una mena d'òrgan copulador al final del seu conducte reproductor que utilitza per introduir els espermatozoides dins de la femella (la fecundació és, doncs interna). A partir d'aquest moment, els espermatozoides es dirigeixen cap a l'ovari de la femella, on se situen dins d'unes estructures arrodonides (anomenades criptes), que connecten amb la cavitat principal de l'ovari mitjançant un conducte molt estret. Durant el període d'emmagatzematge la femella nodreix els espermatozoides i els protegeix del seu propi sistema immunitari. Finalment, quan els òvuls de la femella estan madurs, totes les cèl·lules del voltant de la cripta es contrauen i provoquen l'expulsió dels espermatozoides a través del conducte, de manera que van a parar a la cavitat on hi ha els òvuls madurs, a punt de ser fecundats. Els espermatozoides que es queden a dins de les criptes són residuals i seran eliminats per unes cèl·lules fagocítiques especials. La femella, passat un temps encara indeterminat, expulsa els ous, que contenen petits embrions en desenvolupament, dins d'una massa gelatinosa semblant a la citada anteriorment.

Pel que fa als **testicles dels peixos** en general, tenen un tipus de desenvolupament molt característic. Les seves seccions transversals permeten observar una xarxa de tubs, a les vores dels quals hi ha les cèl·lules germinals que donaran lloc als espermatozoides. Cada cèl·lula es divideix moltíssimes vegades, formant una mena de quist amb totes les cèl·lules en el mateix estadi de desenvolupament en el seu interior.





- Per tal d'estudiar l'estructura gonadal i la gametogènesi (o formació d'òvuls i espermatozoides) de les espècies objecte d'estudi, utilitzem tècniques histològiques i de microscòpia òptica. En el cas d'existir aspectes concrets en els quals és necessària una investigació més detallada, analitzem les mostres al microscopi electrònic de transmissió.
- Per últim, també estudiem diferents índexs relacionats amb la reproducció de cada espècie, com per exemple la talla de maduració (dada que servirà per determinar la mida mínima de captura aconsellable) o la variació anual de l'índex gonadosomàtic i hepatosomàtic. També estimem la fecunditat o el nombre d'ous que posa de mitjana cada femella de cadascuna de les espècies esmentades.

Els **cicles reproductius anuals** dels peixos poden presentar diferents possibilitats:

En el cas d'espècies típicament ovíparas, el mascle i la femella maduren al mateix temps (Fig. 1). Els espermatozoides i els òvuls s'alliberen al mar de manera simultània i la fecundació és externa, en el medi.

En les espècies més especialitzades, els mascles estan preparats per a la reproducció durant un període de temps més llarg que les femelles (Fig. 2). En aquestes espècies creiem que la femella no allibera els òvuls de qualsevol manera i de forma aïllada, sinó que hem constatat que, quan s'acosta l'època de reproducció, dins de l'ovari se segrega una gran quantitat de fluid mucós que formarà una massa gelatinosa que acabarà englobant tots els ous. D'aquesta manera la posta s'allibera i es manté en el medi tota junta i, si el mascle expulsa els espermatozoides a sobre, facilita moltíssim la fecundació.

LA NOSTRA RECERCA

El nostre grup de recerca de Biologia animal (Ictiologia) de la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona, està constituït actualment per 6 persones (Sílvia Vila, M.Rosa Hernández, Maria Sàbat, Sandra Mallol, Marta Muñoz i Margarida Casadevall). El nostre objectiu general és el d'*analitzar la reproducció d'espècies marines concretes* (aspecte ja per si sol interessant), però ens interessem especialment per aquelles espècies que es troben en una *posició intermèdia* entre els dos tipus fonamentals de reproducció: l'oviparisme i el viviparisme.

Fins al moment, hem estudiat un grup d'espècies típicament ovíparas (*Trigla lyra*, *Aspitrigla obscura*, *Gnathophis mystax* i *Ophichthus rufus*), un altre conjunt d'espècies encara ovíparas però més especialitzades (*Scorpaena notata*, *S. porcus*, *S. scrofa*, *S. elongata*, *Trachyscorpia cristulata*, *Ophidion barbatum* i *O. rochei*) i una espècie, *Helicolenus dactylopterus dactylopterus*, que presenta una estratègia reproductiva molt propera al viviparisme.

La **metodologia** que utilitzem és la següent:

1. Mètodes de captura. Tenim contactes amb pescadors de diferents ports i que usen diversos arts de pesca que ens capturen mostres de diferents llocs i profunditats; en el cas de necessitar exemplars de mides o mesos molt concrets, els comprem a la llotja de Palamós; hem establert convenis amb centres d'investigació que ens capturen mostres de la seva àrea d'estudi (per exemple el Centre d'Investigacions Pesqueres de Lisboa o la Universitat UNESP de Brasil); i, finalment, també utilitzem campanyes oceanogràfiques com la del "Cornide de Saavedra" (programa MEDITS de la campanya de prospecció pesquera a la Mediterrània per a l'obtenció d'índexs relatius d'abundància de les espècies d'interès comercial)

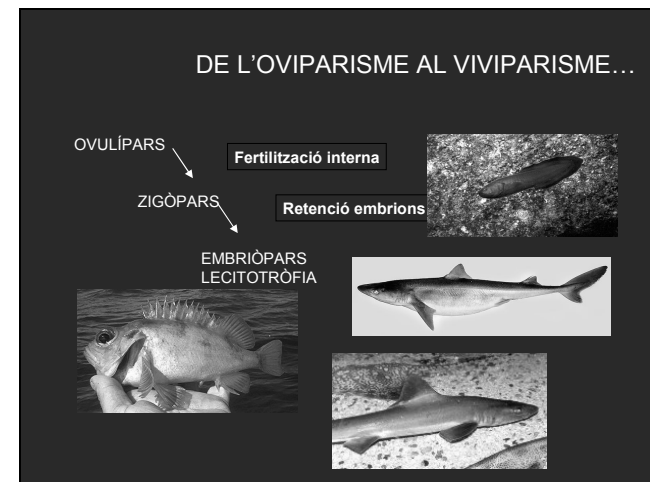
Dels ovulíparas als zigòpars

La fertilització interna

La fertilització interna dels ous n'assegura la viabilitat i sovint que el seu desenvolupament s'iniciï en condicions de màxima protecció dins de l'organisme matern. Normalment aquesta estratègia va lligada a una nova disminució de la fecunditat i a la producció d'ous més grans i amb més vitel.

Zigoparitat

Exemples d'espècies amb fertilització interna i posta posterior d'ous en són: els gats, totes les rajades o clavellades i el penegal. Els ous poden quedar retinguts per períodes més o menys llargs, i sembla que fins i tot això podria variar, per una mateixa espècie, fins a trobar el moment favorable per a la posta.



Embrioparitat

És la forma de reproducció ovípara en la qual l'embrió es desenvolupa enterament dins de les estructures reproductores de l'organisme matern.

La femella pareix cries vives i aquestes poden haver-se desenvolupat enterament de les pròpies reserves de vitel de l'ou, tal com passaria si els ous haguessin estat postos a l'aigua. Quan és aquest el cas es parla d'*embrioparitat lecitotròfica*. Exemples d'aquesta estratègia en són algunes bròtoles de fons, l'agullat (cicle complet 22 mesos), la mussola o algunes espècies de la mateixa família de les escòrpores ("gallinetes").

De vegades però, sembla que la femella fa una aportació de nutrients a l'embrió sense que realment s'hagi format una placenta. Sovint són secrecions dels epitelis ovàrics que són absorbit per aquell. Quan hi ha aquest nodriment extra i l'embrió ja no depèn exclusivament de les seves reserves de vitel, es parla de *embrioparitat matrotrofica*. Algunes vegades anomenat també viviparisme aplacentari.

Un exemple conegut n'és la vaca tremolosa: tot un cicle reproductiu tarda gairebé 3 anys, entre la maduració dels ous, l'aparellament, fertilització i "embaràs". És a dir pareixen cries cada tres anys. Aquests cicles llargs (2 anys o més) són habituals a moltes altres espècies de peixos cartilaginosa que pareixen cries vives i que a la pràctica és difícil de saber si presenten lecitotròfia o matrotrofica (i de quin tipus).



Viviparisme veritable o placentari

La viviparitat implica que es desenvolupa una placenta, és a dir una estructura de connexió fisiològica directa entre la mare i l'embrió, amb una xarxa sanguínia compartida pels dos organismes. En aquest cas el nodriment prové única i exclusivament via sanguínia. Hi ha moltes espècies de taurons que són autènticament vivípars. El tauró gris (*Carcharhinus plumbeus*) o la tintorera (*Prionace glauca*), que sembla que és sorprenentment fecunda (gestació d'aproximadament 1 any i normalment més de 80 cries, excepcionalment se n'han comptat fins a 135).

Aquest és un fet poc comú perquè, en general, les estratègies d'embrioparitat o viviparitat van lligades a fecunditats relativament baixes. Normalment són espècies de vida llarga, maduresa sexual tardana, típiques d'ambients estables i previsibles (sense canvis importants), amb poca dispersió ni colonització de nous espais i que difícilment podrien respondre a una explotació continuada.