

Treball Final de Grau
GRAU DE BIOLOGIA

**ESTUDI DE LA FECUNDITAT I ESTRATÈGIA
REPRODUCTIVA DE *SERRANUS CABRILLA*
(PISCES, SERRANIDAE)**

Nina Palacios Sargatal

Universitat de Girona
Facultat de Ciències

Tutora: Margarida Casadevall Masó

Curs acadèmic: 2016-2017

RESUM

El peix teleosti i bentònic d'estudi, el *Serranus cabrilla*, anomenat col·loquialment serrà, és un peix hermafrodita simultani funcional i presenta ovotestis. Durant el període reproductor produeixen i maduren simultàniament esperma i oòcits. Es tracta de l'únic gènere que presenta aquest tipus d'hermafroditisme al Mediterrani.

L'objectiu del treball és aportar nova informació sobre l'estratègia reproductiva del *Serranus cabrilla* com la temporada de posta, la fecunditat i si l'autofecundació és possible o no.

Va ser recol·lectat durant l'abril i el maig del 2016 a diferents punts de la Costa Brava; la seva longitud total variava entre 147mm i 233mm, i la longitud estàndard variava entre 116mm i 194mm. La metodologia seguida va ser: observació histològica de les gònades, càlcul d'índexs relacionats amb la reproducció i finalment avaluació de la fecunditat.

El teixit testicular ocupa menys espai dins de la gònada en comparació el teixit ovàric, el qual té un desenvolupament asincrònic: hi coexisteixen oòcits en diferents etapes de desenvolupament. A partir del HSI no s'ha observat que hi hagi una acumulació remarcable de lípids en el fetge prèvia al procés de maduració dels oòcits.

El teixit testicular comença a madurar al febrer i el teixit ovàric durant el mes de març, moment en què comencen a observar-se oòcits vitel·logènics amb un diàmetre superior a 200µm. La temporada de posta del *Serranus cabrilla* és el maig i el juny, ja que s'observen oòcits hidratats i fol·licles postovulatoris. A més a més hi ha un increment del GSI entre l'abril i el maig i s'estabilitza al juny, corroborant l'inici i continuació de la posta entre maig i juny. La posta del *Serranus cabrilla* és asincrònica. Els oòcits madurs i viables alliberats al medi tenen un diàmetre superior a 500µm. La fecunditat mitjana del *Serranus cabrilla* és de 6.445 ous durant la temporada de posta on el rang oscil·la entre 1.200 ous i 22.072 ous i la fecunditat potencial és de 10.551 ous.

L'autofecundació en *Serranus cabrilla* és poc probable; tot sembla indicar que alliberen els gàmetes de forma seqüencial i només quan han trobat un individu amb el qual aparellar-se.

RESUMEN

El pez teleósteo y bentónico de estudio, el *Serranus cabrilla*, llamado coloquialmente serrano, es un pez hermafrodita simultáneo funcional y presenta ovotestis. Durante el período reproductor producen y maduran simultáneamente esperma y ovocitos. Se trata del único género que presenta este tipo de hermafroditismo en el Mediterráneo.

El objetivo del trabajo es aportar nueva información sobre la estrategia reproductiva del *Serranus cabrilla* como la temporada de puesta, la fecundidad y si la autofecundación es posible o no.

Fue recolectado durante el abril y el mayo del 2016 en diferentes puntos de la Costa Brava; su longitud total variaba entre 147mm y 233mm, y la longitud estándar variaba entre 116mm y 194mm. La metodología seguida fue: observación histológica de las gónadas, cálculo de índices relacionados con la reproducción y finalmente evaluación de la fecundidad.

El tejido testicular ocupa menos espacio dentro de la gónada en comparación el tejido ovárico, el cual tiene un desarrollo asincrónico: coexisten ovocitos en diferentes etapas de desarrollo. A partir del HSI no se ha observado que haya una acumulación notable de lípidos en el hígado previo al proceso de maduración de los ovocitos.

El tejido testicular empieza a madurar en febrero y el tejido ovárico durante el mes de marzo, momento en que comienzan a observar ovocitos vitelogénicos con un diámetro superior a 200µm. La temporada de puesta del *Serranus cabrilla* es en mayo y junio, ya que se observan ovocitos hidratados y folículos postovulatorios. Además hay un incremento del GSI entre abril y mayo y se estabiliza en junio, corroborando el inicio y continuación de la puesta entre mayo y junio. La puesta del *Serranus cabrilla* es asincrónica. Los ovocitos maduros y viables liberados al medio tienen un diámetro superior a 500µm. La fecundidad mediana del *Serranus cabrilla* es de 6.445 huevos durante la temporada de puesta donde el rango oscila entre 1.200 huevos y 22.072 huevos y la fecundidad potencial es de 10.551 huevos.

La autofecundación en *Serranus cabrilla* es poco probable; todo parece indicar que liberan los gametos de forma secuencial y sólo cuando han encontrado un individuo con el que aparearse.

ABSTRACT

The teleost and benthic fish studied, the *Serranus cabrilla*, colloquially called serrano, is a functional simultaneous hermaphrodite fish and presents ovotestis. During the breeding period produce and mature sperm and eggs simultaneously. It is the only genus that presents this type of hermaphroditism in the Mediterranean.

The objective of this study is to provide new information about the reproductive strategy of *Serranus cabrilla* as spawning season, fecundity and if the self-fertilize likely or not.

It was collected during April and May 2016 in different parts of the Costa Brava; its total length varied between 147mm and 233mm, and the standard length varied between 116mm and 194mm. The methodology used was: histological observation of the gonads, calculation of indices related to reproduction and finally evaluation of fecundity.

Testicular tissue occupies less space within the gonad compared to ovarian tissue, which has an asynchronous development: oocytes coexist in different stages of development. From the HSI has not been observed that there is a remarkable accumulation of lipids in the liver previous to oocyte maturation.

Testicular tissue begins to mature in February and ovarian tissue during the month of March, when we begin to observe vitellogenic oocytes with a greater diameter than 200 μ m. The spawning season of the *Serranus cabrilla* is in May and June, since we are observed hydrated oocytes and postovulatory follicles. In addition there is an increase of the GSI between April and May and then stabilizes in June, corroborating the beginning and continuation of the spawning between May and June. The spawning of *Serranus cabrilla* is asynchronous. Mature and viable oocytes released into the medium have a diameter greater than 500 μ m. The average fecundity of the *Serranus cabrilla* is 6.445 eggs during the spawning season where the range varies between 1.200 eggs to 22.072 eggs and the potential fecundity is of 10.551 eggs.

Self-fertilization in *Serranus cabrilla* is unlikely; everything seems to indicate that they release the gametes sequentially and only when they have found an individual with whom to mate.

INTRODUCCIÓ

El mar Mediterrani és característic per la seva gran biodiversitat i l'elevada riquesa íctica tot i les seves reduïdes dimensions, i per aquest motiu és molt interessant per a diferents estudis biològics (Gili, 2001).

Els peixos representen una gran part (més de la meitat) de totes les espècies de vertebrats coneguts en el món fins el moment (Nelson *et al.*, 2016), especialment la subclasse dels teleostis que s'han convertit en el grup dominant de vertebrats aquàtics tot englobant gairebé el 95% de tots els peixos coneguts fins el moment i a més a més agrupa una gran part dels peixos ossis (Wallace *et al.*, 1981; Moyle *et al.*, 2004).

Aquest estudi està centrat en l'espècie *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758) (Figura 1), peix del litoral, molt interessant des del punt de vista biològic i apreciat pels submarinistes (Club Immersió Biologia, 2017) però poc apreciat des del punt de vista comercial.



Figura 1: Exemplar de *Serranus cabrilla*. Font: Aguilera, 2008.

El seu nom, *Serranus cabrilla*, prové del fet que té el preopercle – la làmina òssia que forma la cara – amb forma de serra. El cos és allargat i a cada dorsal del cos té entre 7 i 9 bandes verticals fosques, i té 2 o 3 ralles horitzontals (depenent del exemplar) de color taronja. És un peix depredador ja que s'alimenta de peixos, crustacis i cefalòpodes (Aguilera, 2008).

El *Serranus cabrilla* és un peix bentònic que habita en fons rocosos, o entre la roca i la sorra on hi ha creixement d'algues, com les praderies de posidònia (Ilhan *et al.*, 2010). Sol viure en aigües càlides i temperades on es pot arribar a trobar a profunditats de 150 metres, però el seu hàbitat ideal és entre 30 i 60 metres de profunditat (algun cop s'han trobat a 500 metres, però en poques ocasions) (Tuset *et al.*, 2005; Aguilera, 2008). Aquesta espècie marina es sol trobar en el mar Mediterrani, i altres zones com l'oceà Atlàntic, Sud Àfrica o el mar Negre (Ilhan *et al.*, 2010).

El *Serranus cabrilla* (com la majoria de *Serranus spp.*) arriba al 60% de la seva mida màxima durant els seus 2 primers anys de vida (Tuset *et al.*, 2005) ja que durant aquest període de

temps és quan té el creixement més ràpid (Ilhan *et al.*, 2010). Depenen de la zona de mostreig els exemplars tenen diferents longevitats, és a dir màxima edat, que poden anar des dels 4 anys fins els 8 anys. La longevitat depèn segons Ilhan *et al.*, (2010) de factors ecològics com la disponibilitat d'aliments, la depredació que poden patir o la competència envers altres exemplars marins (o no marins) que es poden trobar a la zona i les activitats de pesca dutes a terme pels pescadors de la regió.

Serranus cabrilla és un peix hermafrodita. Els peixos teleostis tenen una gran diversitat de patrons sexuals en comparació amb altres vertebrats (Erisman *et al.*, 2011; Domínguez *et al.*, 2017), i tot i que hi ha peixos que presenten gonocorisme – els individus de l'espècie presenten els sexes separats i per tant es reproduïxen o bé com a mascle o bé com a femella el llarg de la seva vida (Piferrer, 2009) - hi ha una gran majoria que presenten hermafroditisme. L'hermafroditisme pot ser simultani o seqüencial (Piferrer, 2009; Bublely *et al.*, 2010). En el cas del hermafroditisme seqüencial hi ha dos tipus diferents, el proterogínic que consisteix en el canvi de una femella funcional a un mascle funcional i el proteràndric que és el revés del proterogínic, es a dir, quan un mascle funcional passa a ser una femella funcional (Fischer, 1980; Sadovy, *et al.*, 1987; Piferrer, 2009).

En el cas del *Serranus cabrilla*, com totes les espècies de *Serranus spp.* és una espècie que s'ha analitzat l'organització i desenvolupament de les gònades i s'ha pogut advertir que és tracta d'un peix hermafrodita simultani funcional (Tuset *et al.*, 2005; Ilhan *et al.*, 2010; Tsikliras *et al.*, 2010; Brown *et al.*, 2011; Bublely *et al.*, 2011), és a dir que té presència de teixit reproductor masculí i teixit reproductor femení i que a més a més és pot reproduir i actuar tant com a femella i com a mascle (Bublely *et al.*, 2010). Aquest patró de sexualitat és un patró primitiu de reproducció en les espècies de *Serranus spp.* (Fischer, 1980; Tuset *et al.*, 2005).

La presència dels dos teixits a la gònada, és a dir el conjunt, s'anomena ovotestis (Bublely *et al.*, 2010; Erisman *et al.*, 2011). El teixit testicular i el teixit ovàric es troben separats per una fina membrana de teixit connectiu (Bublely *et al.*, 2010). Les dues gònades són dos lòbuls de forma cilíndrica formades essencialment per teixit ovàric, ja que el teixit testicular es troba en una petita part i en posició ventrolateral. Cada lòbul té un gonoducte que convergeix amb l'altre fins a formar un conducte comú que condueix a una obertura genital (situada darrere de l'anus). La fertilització del ou és externa (Fischer, 1980).

Pel que fa a la part del teixit ovàric, la paret de l'ovari es plega cap a l'interior formant els cordons ovàrics en direcció cap el lumen o cavitat. Els cordons ovàrics contenen els ovòcits en

diferents fases depenent de la temporada de reproducció en que es trobi el serrà (Tuset *et al.*, 2005).

La classificació del desenvolupament ovàric pot estar basada tant per l'aparença externa, és a dir macroscòpica, com per la microscòpica a partir dels criteris histològics, com per exemple, per la mida i l'aparença del oòcit (Brown *et al.*, 2011). Les gònades es poden classificar depenent dels estats que es trobin els oòcits. Aquestes fases del cicle ovàric es poden dividir a partir de marcadors histològics i fisiològics específics descrits per Brown *et al.*, (2011) de la següent manera (Figura 2):

- 1) Fase immadur: única fase que els peixos passen un sol cop a la vida. Són les gònades que no han tingut cap cicle ovàric complert, es a dir que encara no han produït gàmetes.
- 2) Fase de desenvolupament: Durant aquesta etapa hi ha diferents estats pels quals passen els oòcits abans de poder ser alliberats al exterior a través del lumen i gonoducte del ovari. El primer és la vitel·logènesi i tot seguit la maduració dels oòcits que és l'últim estat del oòcit abans de ser alliberat al medi extern.
- 3) Fase de fresa: Quan es produeix l'alliberament de les gàmetes, tant els espermatozoides com els oòcits hidratats.
- 4) Fase de regressió: fase en la qual ja no es produeix més alliberament de gàmetes, és a dir que es produeix un STOP de la fresa, indicant la finalització del cicle reproductiu. Els peixos romanen en aquesta fase poc temps.
- 5) Fase de regeneració: Estadi en el qual hi ha un augment de la mitosi de les oogònies comportant un augment dels oòcits previtel·logènics a la perifèria dels cordons ovàrics per iniciar un nou cicle reproductiu (Tuset *et al.*, 2005).

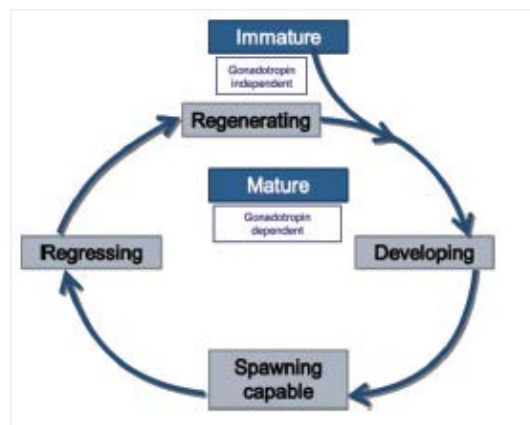


Figura 2: Esquema del cicle reproductiu del peix *Serranus cabrilla*. Font: Brown *et al.*, 2011.

Les espècies també es poden classificar depenen de si l'espècie és de reclutament discontinu o és de reclutament continu. El reclutament és el moment en que els peixos joves i immadurs (prereclutes) passen a ser sexualment madurs (postreclutes) i entren a formar part de la població madura (Csirke, 1980). En el cas del *Serranus cabrilla* és una espècie amb reclutament continu (Brown *et al.*, 2011). També es poden classificar depenent de si les espècies tenen una posta sincrònica, és a dir que duen a terme el desenvolupament alhora d'un únic lot d'oòcits durant l'època reproductiva o les espècies amb una posta asíncronica, és a dir, madurant un únic lot d'oòcits el qual s'alliberarà en diferents postes successives (Wallace *et al.*, 1981; Brown *et al.*, 2011).

El teixit testicular de l'ovotestis és pot classificar segons Brown *et al.*, (2011) en cinc estadis diferents, la fase immadur, la fase de desenvolupament, la fase de fresa, la fase de regressió i la fase de regeneració. Les cèl·lules sexuals masculines es poden classificar com espermatogonis, espermatòcits, espermatides i espermatozoides (Tuset *et al.*, 2005; Brown *et al.*, 2011).

És molt important saber l'estacionalitat de la fresa de cada espècie de peix (Tsikliras *et al.*, 2010) per poder gestionar les poblacions. La temporada de fresa del *Serranus cabrilla* s'ha pogut veure en diferents estudis que varia lleugerament d'unes zones a altres a causa de diferències tan bàsiques com les condicions climàtiques com ara la temperatura en la qual es troba l'aigua, la disponibilitat dels aliments i el fotoperíode (Tuset *et al.*, 2005; Ilhan *et al.*, 2010; Brown *et al.*, 2011). El mateix passa en relació la fecunditat, ja que segons Murua *et al.*, (2003) i Domínguez *et al.*, (2017) la fecunditat es veu influïda per les condicions ambientals i és el resultat de les diferents adaptacions a aquestes. A partir dels valors de GSI s'ha vist que la temporada de fresa pot anar des de finals de març (Ilhan *et al.*, 2010) fins a finals de juny, ja que s'ha observat en alguns estudis que les aigües més càlides, com les de la primavera o estiu poden millorar el creixement de les larves (Tsikliras *et al.*, 2010).

Tot i la seva ampla distribució en diversos mars, aquesta espècie té un valor comercial baix i per aquesta raó el coneixement sobre la seva biologia és incompleta i escassa (Ilhan *et al.*, 2010). D'aquesta manera tot i la informació i d'estudis que hi ha sobre ell, relacionats amb la seva alimentació, comportament o de la pròpia reproducció, hi ha poca informació de la seva estratègia reproductiva, sent com és, una espècie amb una estratègia única en el nostre mar. Així doncs per aquest fet el treball estarà centrat en aportar noves dades relacionades amb la reproducció per poder ampliar el coneixement d'aquesta espècie en particular i sobre aquesta estratègia dels hermafrodites simultanis, en general.

OBJECTIVES

The main objective of this research is to provide new information about the reproductive strategy of *Serranus cabrilla* on our coast.

Specifically, we want to study the seasonal changes of the gonads to see what is the maturation period and, knowing that they are simultaneous hermaphrodites, see if male and female parts of the gonad mature at the same time. We will study the oocytes' different development stages, from the previtellogenesis stages to the mature ovule. We will determine the spawning season and if this is synchronous or asynchronous and we will analyze if the self-fertilize likely or not. To determine the reproductive capacity of the species we will analyze the fecundity of *Serranus cabrilla*, which will give us the information about the quantity of viable eggs that it is capable of spawn each individual, which depends on the size.

METODOLOGIA

El treball de laboratori s'ha fet en dues parts:

- Per a determinar l'estructura i desenvolupament gonadal, s'ha fet l'observació histològica de les gònades.
- Per analitzar la fecunditat de l'espècie, s'ha utilitzat un sistema d'anàlisi d'imatges pel comptatge dels ous.

OBSERVACIÓ HISTOLÒGICA DE LES GÒNADES

L'observació histològica de les gònades del serrà és va dur a terme amb un microscopi òptic, amb una càmera connectada que traslladava la imatge a una pantalla d'ordinador. Les imatges es van analitzar amb el programa informàtic ProgRes 2.8.8 JENOPTIK, que permetia obtenir les fotografies de les preparacions histològiques de les gònades. Les mostres de gònades observades, havien estat incloses en parafina i tenyides amb tinció hematoxilina-eosina. Es van poder anar analitzant les diferents fases de maduració de les gònades dels *Serranus cabrilla* seguint alguns treballs¹ previs amb espècies del mateix gènere. Va servir per calcular el diàmetre en que els oòcits deixaven de ser previtel·logènics i passaven a ser vitel·logènics i també el diàmetre dels oòcits hidratats. Les dades van servir per comptabilitzar els oòcits de la fecundació

CÀLCUL GSI i HSI

Va interessar dur a terme el càlcul i l'anàlisi del índex gonadosomàtic (GSI) i l'índex hepatosomàtic (HSI) per poder veure l'evolució del pes de les gònades i el fetge durant el període de preparació a la posta. S'han fet servir dades d'un treball anterior (Ibañez, 2016) de març i juny que tot aportant més dades dels serrans del any 2016, van permetre arribar a una resolució sobre l'època de posta dels *Serranus cabrilla* a la Costa Brava.

El GSI és el resultat obtingut de dur a terme una divisió entre el pes de la gònada i el pes eviscerat del exemplar treballat: **GSI** = (pes de la gònada/pes eviscerat del exemplar) x 100.

El HSI és el resultat de la divisió entre el pes del fetge entre el pes eviscerat del exemplar treballat: **HSI** = (pes del fetge/pes eviscerat del exemplar) x 100.

¹ Fotografies analitzades a partir dels articles: Tuset *et al.*, (2005); Brown *et al.*, (2011).

FECUNDITAT

La fecunditat es va calcular a partir de les gònades de serrans recol·lectats el 2016 a les costes de Llançà, Port de la Selva i Palamós. Les gònades de cada individu es trobaven guardades i etiquetades dins de vials amb reactiu de Gilson, el qual permet que els ous es puguin disgregar amb facilitat de les gònades i per tant que es puguin contar tots els oòcits. Es va treballar amb les gònades de 40 individus diferents, dels quals 20 eren exemplars del mes d'abril i 20 eren exemplars del mes de maig.

A continuació es mostren (Taula 1) les principals característiques dels exemplars de *Serranus cabrilla* escollits a partir de la seva talla per dur a terme el paràmetre de la fecunditat. La longitud total dels serrans pot anar des dels 95mm fins 250mm (Moutopoulos *et al.*, 2002) així que es van escollir exemplars que tenien una longitud total entre 147mm i 233mm perquè d'aquesta manera hi hagués una representació de les talles de l'espècie.

Taula 1: Dades dels 40 individus de *Serranus cabrilla* escollits per fer l'estudi de fecunditat. Es mostra el mes de captura, la longitud total (LT) - inici del cap fins la punta més llarga de l'aleta caudal -, la longitud estàndard (LE) - longitud total menys la longitud de l'aleta caudal -, pes total de l'individu (PT), pes de l'individu eviscerat (PE), pes del fetge (PF) i pes de les gònades (PG).

Mes	LT (cm)	LE (cm)	PT (g)	PE (g)	PF (g)	PG (g)
4	14,7	11,6	32,11	39,38	0,36	0,32
4	15,3	12,8	49,19	46,68	0,72	0,61
4	15,7	12,8	42,84	39,79	0,5	0,34
4	15,8	12,2	42,53	36,35	1,18	0,84
4	16,6	13,6	57,68	50,46	1,38	0,91
4	16,8	13,5	56,91	53,53	0,49	1,44
4	17	14,1	56,91	52,21	0,85	0,89
4	17,1	14	56,05	52,38	0,16	2,42
4	17,3	14,1	56,75	52,2	1,22	1,16
4	17,5	14	71,63	63,1	1,64	0,85
4	17,6	14,3	69,55	65,27	0,96	1,39
4	17,8	14,5	61,27	57,73	1	0,45
4	18,4	14,8	63,96	60,85	0,87	1,14
4	18,8	14,8	73,25	69,17	1,11	1,5
4	19,7	16,2	82,06	74,86	1,7	2,75

4	19,9	16	90,36	84,53	1,65	1,87
4	20,3	16,4	86,7	81,4	0,48	1,21
4	21,4	17,2	98,65	93,37	2,1	1,34
4	21,9	18,3	98,4	93,03	1,43	1,38
4	23,3	19,4	162,85	148,72	4,05	7,01
5	15	12,1	45,6	37,93	1,29	2,31
5	15,3	12,6	43,24	41,17	0,86	0,45
5	15,7	12,8	47,34	42,47	0,94	2,18
5	15,9	13	45,28	41,12	0,93	1,73
5	16,2	13,1	48,77	45,54	0,6	0,94
5	16,8	13,7	56,73	50,62	0,9	2,4
5	17,3	14,2	63,01	58	1,01	2,04
5	17,3	14,1	58,55	52,03	1	3,43
5	17,4	14	66,56	58,54	1,74	3,25
5	17,6	14,3	71,24	64,39	1,62	3,35
5	17,8	14,4	67,73	63,64	0,97	0,71
5	17,8	14,6	57,24	52,69	0,72	1,74
5	18,5	15,4	79,37	74,35	1,76	1,27
5	18,8	15,9	75,3	67,01	1,78	4,06
5	19,6	16	78,92	73,1	0,85	3,33
5	19,9	16,8	85,24	78,84	0,71	2,92
5	20	16,5	87,85	83,85	1,49	0,7
5	20,6	16,8	107,55	93,71	2,5	7,99
5	21,1	17,2	109,5	97,13	2,21	6,39
5	22,2	18	109,37	100,43	1,5	4,41

El Gilson és un reactiu contaminant, que conté alcohol, àcid nítric, àcid acètic glacial i clorur de mercuri (Gassman *et al.*, 2008) i que per tant calia separar i recollir adequadament en un contenidor de residus. Es va utilitzar per les gònades que no es podien disgregar només mecànicament com seria desitjable. Es va filtrar el contingut del vial sempre sota de la campana de gasos. Les mostres de les gònades eren completes perquè es tractava inicialment

de gònades molt petites i es va considerar que una submostra seria poc representativa i més tenint present que hi quedava inclosa la part testicular.

Les mostres d'ous disgregats es van filtrar amb una columna de 7 filtres de porus decreixent: 800 μm , 600 μm , 500 μm , 400 μm , 300 μm , 125 μm i 100 μm (Figura 3), sota la pressió de l'aigua de l'aixeta i l'ajuda d'un pinzell. D'aquesta manera es van poder separar els ous depenent del seu diàmetre.



Figura 3: Material per dur a terme la filtració i separació per mida de diàmetres els ous de les gònades. En la imatge s'observen els 7 filtres - 0.800 mm, 0.600 mm, 0.500 mm, 0.400 mm, 0.300 mm, 0.125 mm i 0.100 mm -, el pinzell i l'aigua. Font: Pròpia.

Els ous que quedaven a cada filtre es posaven en plaques de Petri amb aigua, per tal de dur a terme el recompte. Les plaques de petri amb els oòcits es van posar sota de la càmera (Figura 4) per tal de dur a terme una fotografia de cada placa amb els oòcits corresponents (Figura 5) gràcies el programa ProgRes 2.8.8 JENOPTIK. Per poder fer el recompte dels oòcits de cada placa es va fer servir el programa d'anàlisi d'imatges Image Analysis Wizard Zen lite 2012 el qual aplicant uns paràmetres determinats compta els oòcits de cada placa. El programa dona com a dades el nombre d'oòcits de cada placa, els diàmetres i la rodonesa. Les dades obtingudes van ser transferides en un Excel pel seu posterior anàlisis.

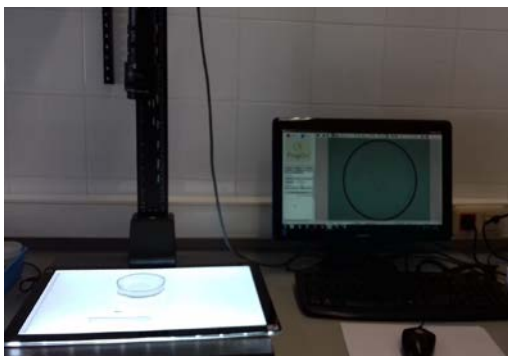


Figura 4: Muntatge realitzat per dur a terme les fotografies de les plaques amb els ous. S'observa la càmera, la placa de llum i l'ordinador. Font: Pròpia.

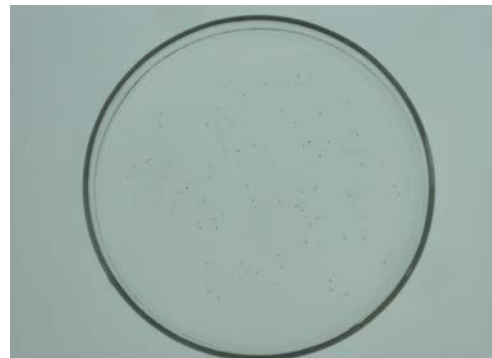


Figura 5: Fotografia de una de les plaques de petri analitzades plena d'ous. Font: Pròpia.

A partir de les gònades treballades dels 40 exemplars es van dur a terme les fotografies de les plaques, que un cop analitzades permeteren realitzar un histograma per cada gònada treballada, per visualitzar fàcilment el nombre d'oòcits de cada diàmetre.

Aquests histogrames han de permetre analitzar com evoluciona el reclutament dels ous per a la posta segons el mes, la talla de l'individu i veure si la posta del serrà és sincrònica i concentrada en el temps o és asincrònica.

ANÀLISIS DE DADES I ESTADÍSTICA

Per l'anàlisi de la fecunditat es van dur a terme 40 histogrames, els quals indicaven el % d'òcits que hi havia de cada diàmetre diferent a les gònades. A continuació per poder comparar el nombre total de possibles òcits viables (òcits en fase de vitel·logènesi i òcits madurs) dels *Serranus cabrilla* dels mesos treballats (abril i maig) es va dur a terme un test estadístic paramètric, el test t-student, per tal d'analitzar el seu grau de significació. Com que es va treballar amb 20 exemplars del mes d'abril i 20 exemplar del mes de maig els quals tenien talles similars (veure Taula 1), es va dur a terme una mitjana per separat del nombre d'òcits vitel·logènics i del nombre d'òcits madurs que es van comptabilitzar durant els dos mesos estudiats. En el cas que el p-valor donés <0.05 seria un valor significatiu i per tant voldria dir que entre el mes d'abril i el mes de maig hi ha diferències significatives entre el nombre total d'òcits viables que es troben en les gònades dels individus treballats. I al contrari, si el p-valor donés >0.05 significaria que el valor no és significatiu i per tant que no hi ha diferència entre el nombre total d'òcits viables de les gònades dels *Serranus cabrilla* del mes d'abril i del mes de maig. A més a més del test estadístic també es va fer una gràfica representativa dels valors que s'havien obtingut de cada mes. Totes aquestes dades van ser comparades amb les dades obtingudes del treball d'Ibáñez (2016), que a més de treballar amb exemplars del mes d'abril i de maig també ho va fer amb exemplars del mes de juny.

La fecunditat dels peixos és el nombre total d'ous que pot pondre un sol serrà en una temporada. El serrà té fecunditat indeterminada ja que la posta és asincrònica i per tan s'havia de calcular la fecunditat *batch* (parcial) amb el mètode gravimètric. Com que no és tenien les dades necessària per dur a terme aquest mètode es va calcular la fecunditat estimada del serrà a partir de les dades obtingudes dels exemplars en temporada de posta. Es van agafar els òcits vitel·logènics, amb un diàmetre superior a $200\mu\text{m}$, perquè es considera que són els que progressaran fins a òvuls madurs en el període i els òcits que ja es trobaven madurs. A partir dels òcits de tots els exemplars amb les diferents talles representatives que es trobaven en temporada de posta i que encara no l'havien dut a terme, és va fer una mitjana per conèixer la fecunditat mitjana del *Serranus cabrilla*. A més a més com que es va observar exemplars de la temporada de posta amb reclutament d'òcits de $100\text{-}200\mu\text{m}$ cap a diàmetres més grans és va decidir calcular la fecunditat potencial de la temporada de posta. Es van agafar tots els òcits presents a les gònades dels exemplars en temporada de posta i és va fer una mitjana per conèixer la fecunditat potencial del *Serranus cabrilla*, és a dir el número de ous que en una estació determinada poden arribar a desenvolupar-se i ser postos.

RESULTATS

A continuació es presenten els resultats obtinguts en tres apartats diferenciats.

OBSERVACIÓ HISTOLÒGICA DE LES GÒNADES

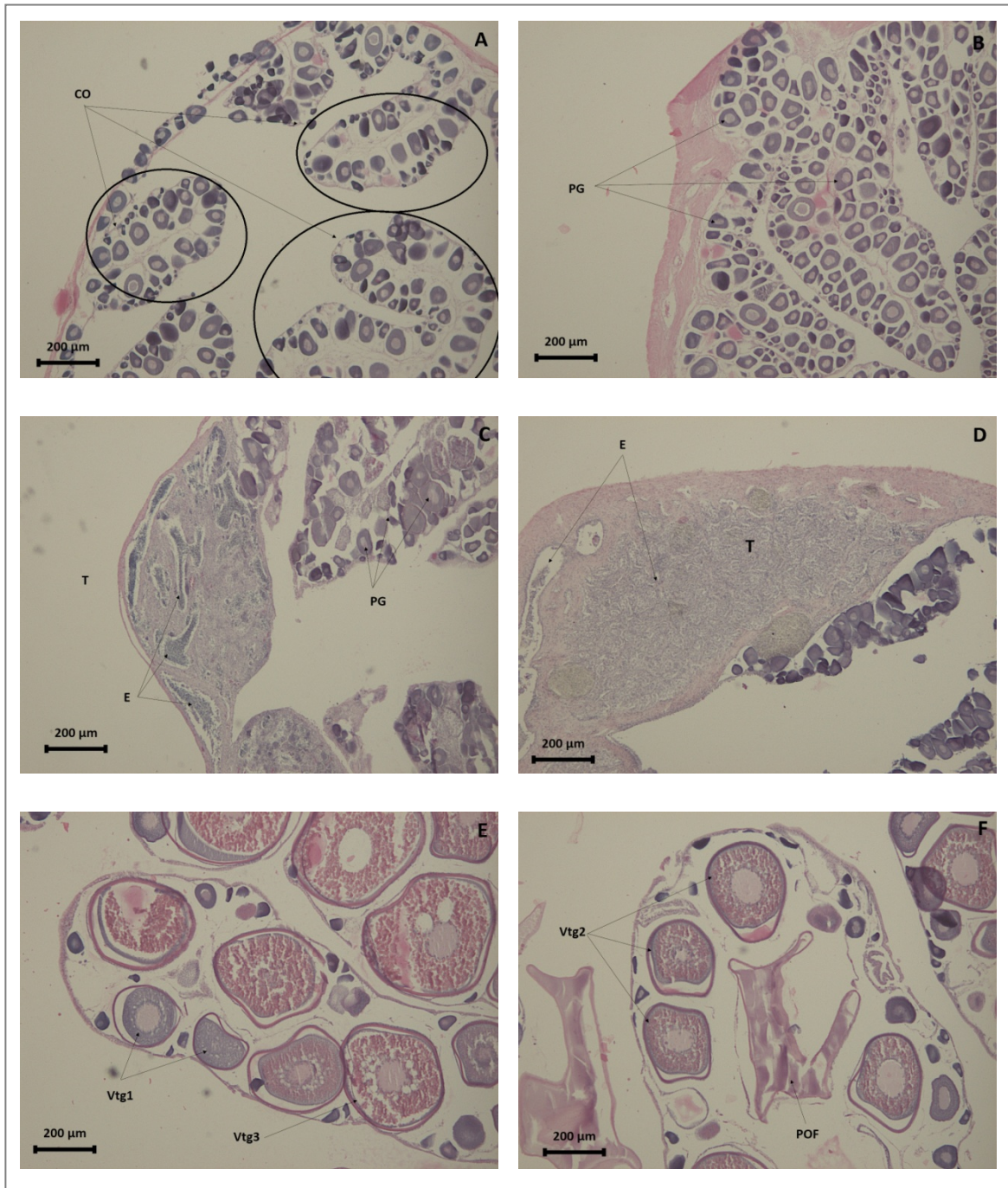
En primer lloc, el teixit ovàric de les gònades està format per cordons ovàrics (Figura 6A) en els quals s'han pogut observar la coexistència de diferents estadis de maduració pels que passa un oòcit. Els oòcits previtel·logènics (OP) (Figura 6B) s'ha pogut observar que són els oòcits que encara no s'han començat a desenvolupar a diferència del oòcits vitel·logènics (Vtg1 - Vtg2 - Vtg3) (Figures 6E-6G). A les gònades que entren en fase de maduració, els oòcits previtel·logènics passen a ser vitel·logènics. Els oòcits vitel·logènics i la vitel·logènesi s'han classificat de la següent forma:

- Vitel·logènesi primària: Formació de l'oòcit vitel·logènic 1 on s'han observat els nucleoides dins del nucli ben formats. També conté l'alvèol cortical, i tot l'oòcit es troba envoltat pel còrion. Encara no s'aprecien els grànuls de vitel ben formats.
- Vitel·logènesi secundària: Formació de l'oòcit vitel·logènic 2 on a més de tenir les característiques del vitel·logènic 1, en aquest cas ja es poden observar els grànuls de vitel ben formats en el citoplasma del oòcit. A més hi ha un augment de la seva mida.
- Vitel·logènesi terciària: Formació de l'oòcit vitel·logènic 3 on finalment en aquest oòcit s'ha observat que apareixen el voltant del nucli petites gotes lipídiques. La mida d'aquest oòcit augmenta consideradament.

Als oòcits madurs s'ha observat com hi ha una fusió de les gotes lipídiques i dels grànuls de vitel i tot seguit la mida dels oòcits augmenta molt ja que es produeix la hidratació d'aquests. En aquest cas ja s'ha arribat als oòcits hidratats (OH)(Figura 6H). S'han observat fol·licles postovulatoris (POF) (Figures 6E-F) que indiquen que l'oòcit madur ja ha sigut alliberat al exterior. Els fol·licles postovulatoris s'han observat tant en gònades del mes de maig i juny que es troben en fase de fresa, com en gònades en fase de regressió. El fet de trobar gònades amb POF i oòcits hidratats a la vegada podria indicar que a mesura que els oòcits es van hidratant van sent posts pel serrà per tal de deixar lloc als oòcits que encara es troben en maduració.

Les gònades que es troben en fase de regressió contenen oòcits atrèsics, oòcits vitel·logènics 2 i oòcits vitel·logènics 3 i tal com s'ha comentat s'observen molts fol·licles postovulatoris. La fase de regeneració s'ha vist que és l'etapa on hi ha el creixement dels oòcits previtel·logènics.

En el testicle madur l'esperma (E) es troba acumulat en els túbuls seminífers i conductes espermàtics (Figura 6C-D).



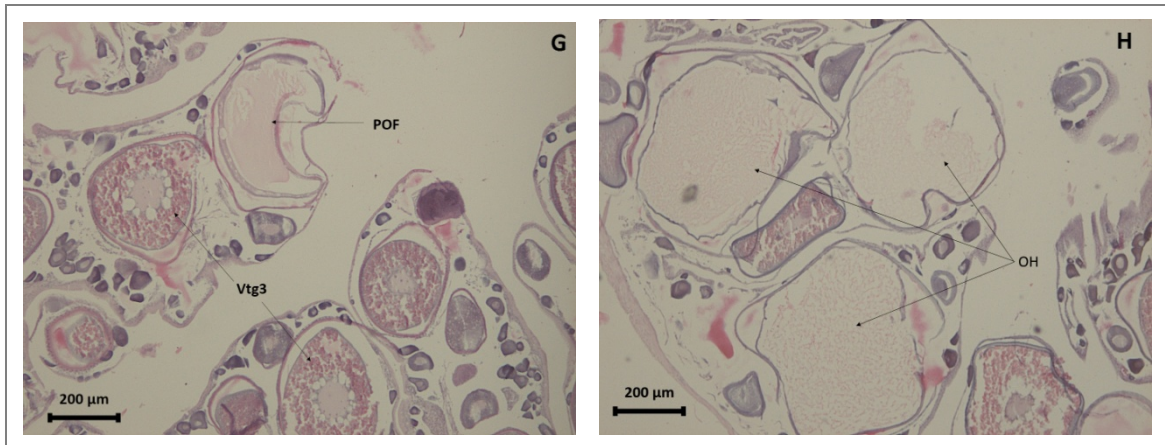


Figura 6: Teixit gonadal de *Serranus cabrilla*. Tinció hematoxilina-eosina. Preparació observada a 4X. **6A:** Teixit ovàric del mes de gener. S'observen diferents oòcits previtel·logènics en els cordons ovàrics. Marcats a la fotografia hi ha 3 CO. **6B:** Teixit ovàric del mes de febrer. S'observen diferents oòcits previtel·logènics en els cordons ovàrics. Marcats a la fotografia hi ha alguns PG. **6C:** Teixit ovàric i teixit testicular del mes de maig. S'observa teixit testicular (T) amb esperma (E) en els túbuls seminífers i conductes espermàtics i el costat es veuen els cordons ovàrics amb oòcits previtel·logènics. Marcats a la fotografia hi ha alguns PG i el T i E. **6D:** Teixit testicular del mes de febrer. S'observa teixit testicular (T) amb esperma (E) en els túbuls seminífers i conductes espermàtics. S'observa que el teixit ovàric encara no es troba actiu. **6E:** Teixit ovàric del mes de juny. S'observen diferents oòcits en els cordons ovàrics en estadis de desenvolupament diferents. Marcat a la fotografia hi ha un oòcits Vtg1 i un oòcits Vtg3. **6F:** Teixit ovàric del mes de juliol. S'observen oòcits en els cordons ovàrics en estadis de desenvolupament diferents. Marcat a la fotografia hi ha un POF i oòcits en Vtg2. **6G:** Teixit ovàric del mes de juny. S'observen oòcits en els cordons ovàrics en estadis de desenvolupament diferents. Marcat a la fotografia hi ha un POF i es poden observar oòcits Vtg3. **6H:** Teixit ovàric del mes de maig. S'observen oòcits en els cordons ovàrics i sobretot destaca 3 oòcits hidratats. Marcat a la fotografia hi ha 3 oòcits hidratats.

Oòcits previtel·logènics (PG), Oòcits vitel·logènics 1 (Vtg1), Oòcits vitel·logènics 2 (Vtg2), Oòcits vitel·logènics 3 (Vtg3), Oòcits hidratats (OH), Cordon ovàric (CO), Teixit testicular (T), esperma (E), Fol·licle postovulatori (POF).

Durant l'observació microscòpica de les gònades s'han vist diferents individus que ja tenien el teixit testicular madurant a diferència del teixit ovàric en el qual els oòcits es trobaven en fase de previtel·logènesi tal i com s'observa a les figures 6C-D. Els exemplars amb aquesta característica han sigut: un serrà del mes de febrer amb una talla de 190mm, un del mes d'abril de 195mm, un del mes de maig de 160mm i un del mes de juny a de 155mm. Macroscòpicament també s'ha observat en la gònada amb un pes de 0,32g de l'exemplar de 147mm del mes de maig que la regió del teixit testicular es trobava molt més desenvolupada que la del teixit ovàric. Els resultats han permès veure doncs que el teixit testicular madura cada temporada prèviament al teixit ovàric.

En general però, el teixit testicular ocupa un espai més reduït que no pas el teixit ovàric, el qual ocupa una regió més grossa (Figura 6E). S'ha observat que a mesura que els oòcits del teixit ovàric van augmentant el seu diàmetre, la gònada proporcionalment amb ells també va augmentant la seva mida. El teixit testicular en canvi la diferència de mida de quan està immadur o en regeneració a quan ja es troba madur no és molt destacable.

A partir dels talls histològics s'ha calculat el diàmetre mig dels oòcits en cada estadi de desenvolupament. Quan els oòcits tenen una mida mitjana d'aproximadament 200µm de diàmetre entren en vitel·logènesi (Vtg 1) i a mesura que augmenten de mida passen a ser oòcits vitel·logènics 2 (>200µm) i oòcits vitel·logènics 3 (>250µm). Finalment s'ha pogut observar que els oòcits hidratats, és a dir els oòcits madurs, que encara es troben a les gònades tenen un diàmetre superior als 500µm.

GSI i HSI

El que s'observa en la gràfica (Figura 7) es que a partir del mes de març l'índex gonadosomàtic/GSI comença a augmentar i que el índex hepatosomàtic/HSI augmenta molt lleugerament. El augment del GSI el març significa que la gònada comença a madurar i per tant augmenta de mida i pes.

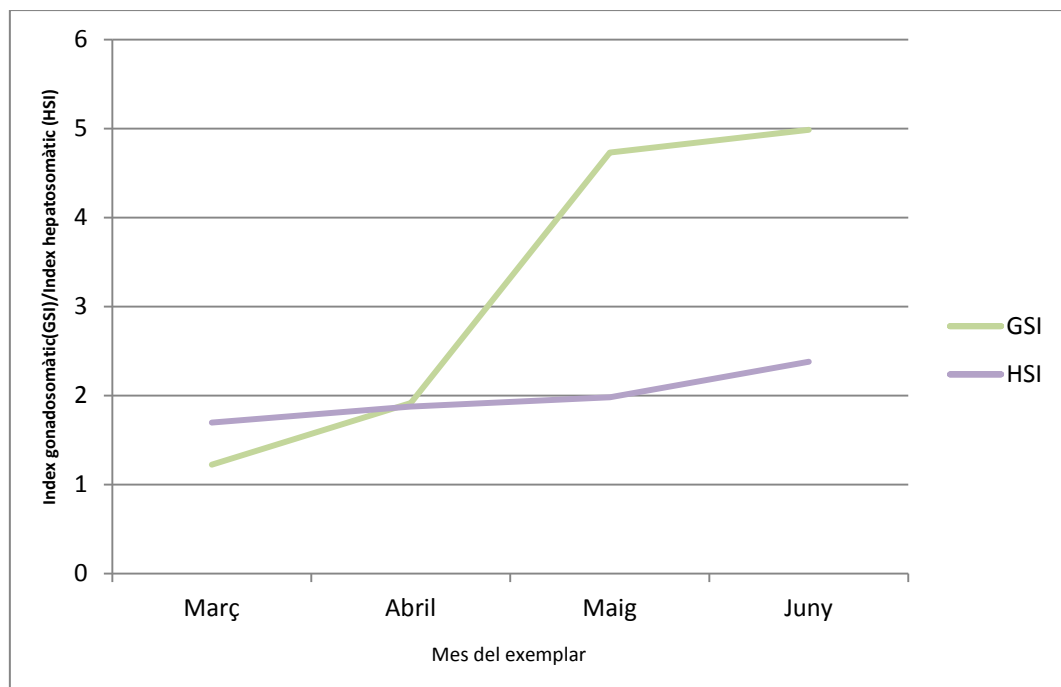


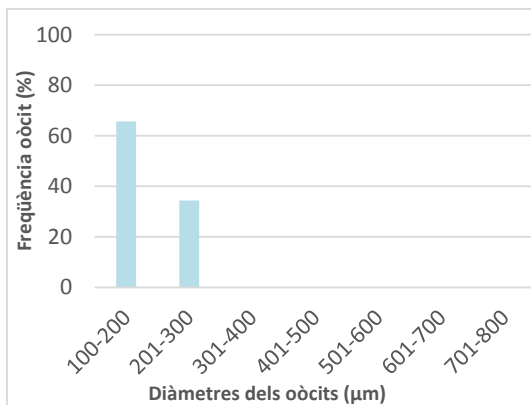
Figura 7: Representació gràfica del índex gonadosomàtic (GSI) i l'índex hepatosomàtic (HSI) respectectius del mes de març, abril, maig i juny dels exemplars. El GSI representat pel color verd i el HSI pel color lila. El GSI augmenta fins el mes de maig i després s'estabilitza. El HSI augmenta lleugerament durant els mesos representats.

A l'abril la gònada madura ja que el GSI augmenta fins a 1,92, ara bé, durant mes de maig és quan el GSI augmenta considerablement ja que passa a ser 4,73. Del mes de maig al juny el GSI s'estabilitza, no augmenta (arriba al 4.99) tant com el mes de maig. Aquest fet indicaria que ja s'ha iniciat la posta durant el mes de maig.

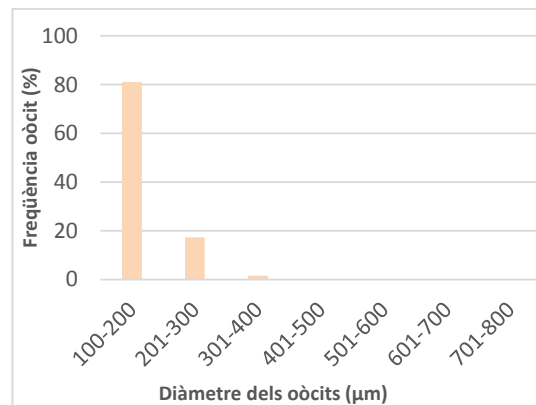
FECUNDITAT

Els histogrammes (Figura 8) mostren algunes diferències entre el mes d'abril i el mes de maig. S'ha vist en els exemplars del mes de maig a partir de la talla de 153mm (Figura 8.4) els serrans ja tenen oòcits madurs a les seves gònades a diferència del mes d'abril que fins la talla 168mm (Figura 8.11) no en presenten. També s'ha observat que els individus amb talles més grosses comencen la maduració dels oòcits més aviat. Les gònades del mes d'abril majoritàriament tenen més % d'oòcits amb un diàmetre de 100-200 μ m que a la resta de diàmetres. I en el cas de les gònades del mes de maig presenten el % d'oòcits més repartit en els diferents diàmetres i no presenten el % tant elevat d'oòcits amb diàmetre 100-200 μ m.

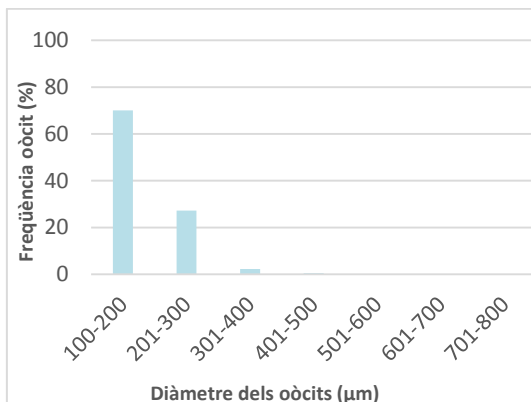
També s'ha vist en peixos amb talles similars del mes d'abril i del mes de maig que la corba del histograma es trasllada cap a la dreta, veient així com al llarg del mes de maig els oòcits que es trobaven previtel·logènics al mes d'abril, al mes de maig van madurant. També s'observa un cert reclutament d'oòcits de diàmetre 100-200 μ m del mes d'abril cap al mes de maig.



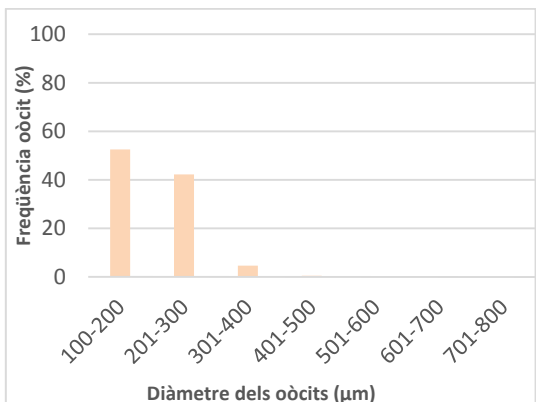
8.1: Longitud total:14.7cm, captura: 13 d'abril del 2016.



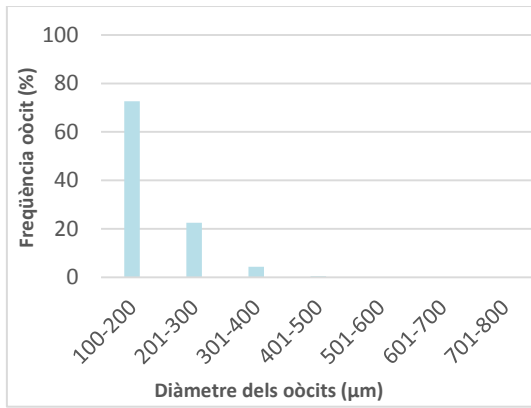
8.2: Longitud total:15.0cm, captura: 18 de maig del 2016.



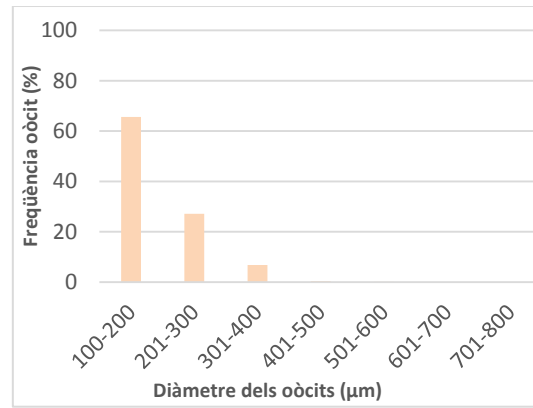
8.3: Longitud total:15.3cm, captura: 19 d'abril del 2016.



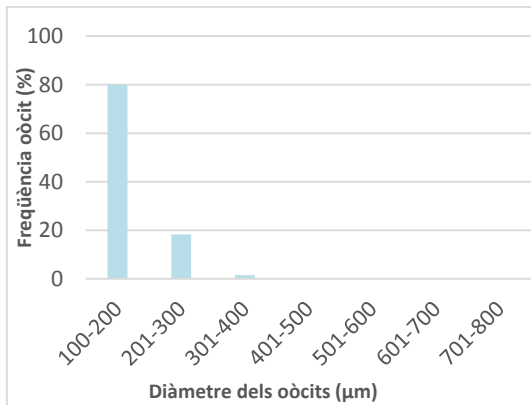
8.4: Longitud total:15.3cm, captura: 4 de maig del 2016.



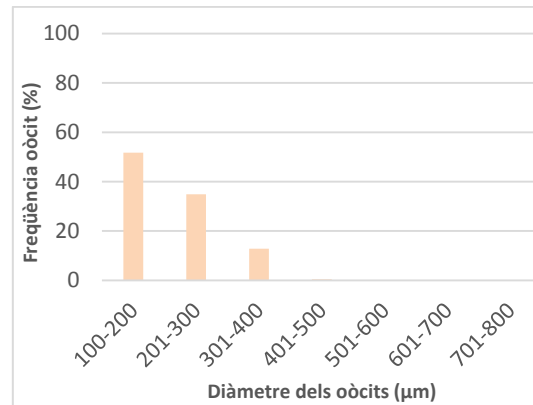
8.5: Longitud total:15.7cm, captura: 27 d'abril del 2016.



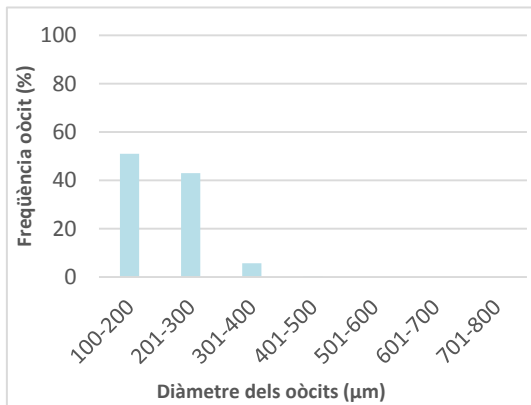
8.6: Longitud total:15.7cm, captura: 11 de maig del 2016.



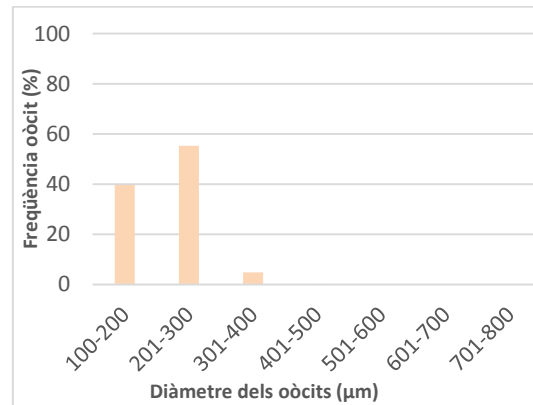
8.7: Longitud total:15.8cm, captura: 7 d'abril del 2016.



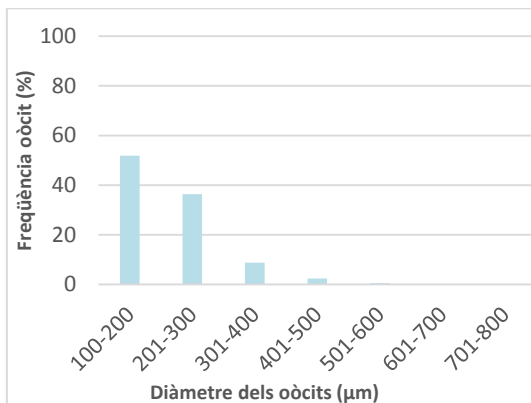
8.8: Longitud total:15.9cm, captura: 4 de maig del 2016.



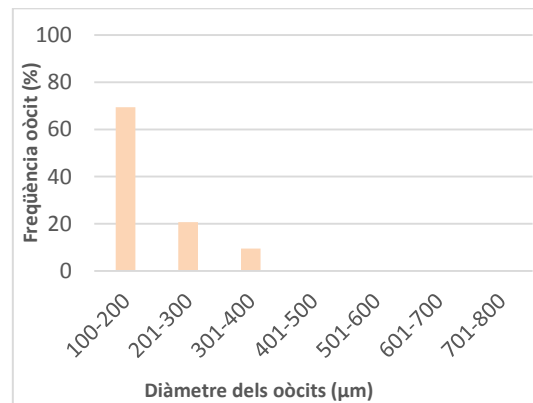
8.9: Longitud total:16.6cm, captura: 27 d'abril del 2016.



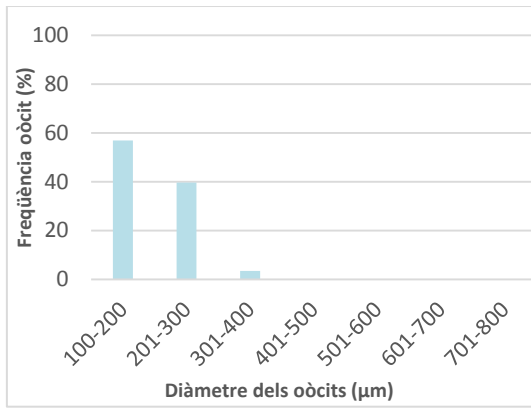
8.10: Longitud total:16.2cm, captura: 18 de maig del 2016.



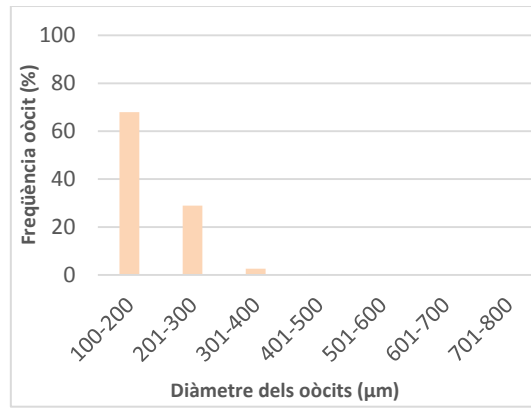
8.11: Longitud total:16.8cm, captura: 7 d'abril del



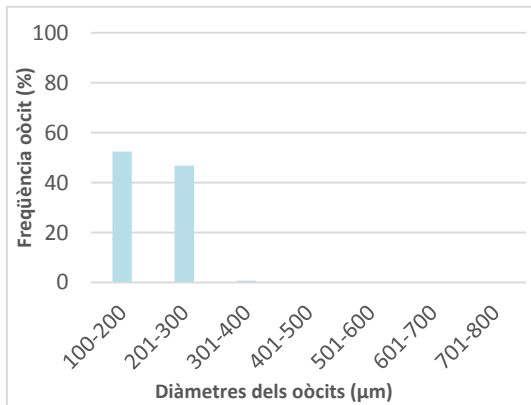
8.12: Longitud total:16.8cm, captura: 4 de maig del 2016.



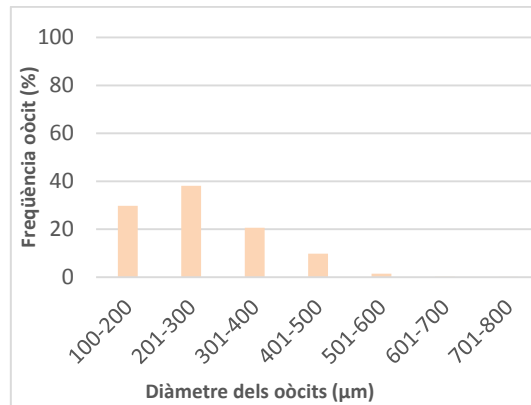
8.13: Longitud total:17.0cm, captura: 26 d'abril del



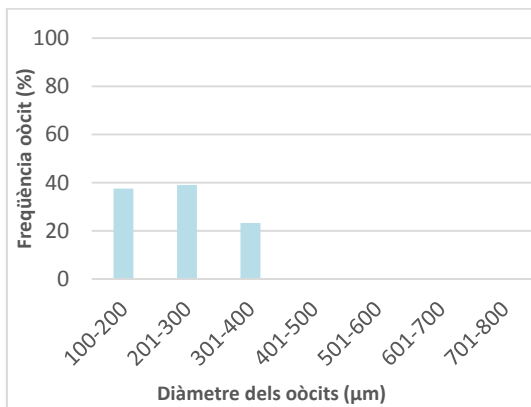
8.14: Longitud total:17.3cm, captura: 24 de maig del 2016.



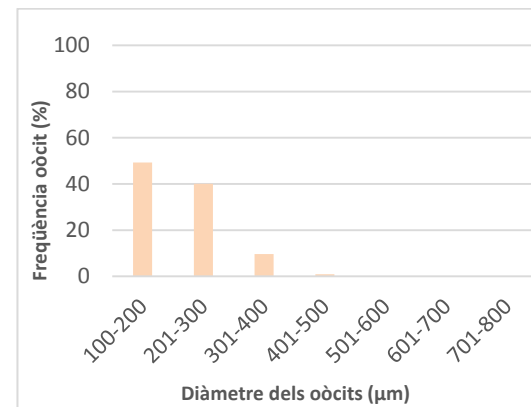
8.15: Longitud total:17.1cm, captura: 13 d'abril del



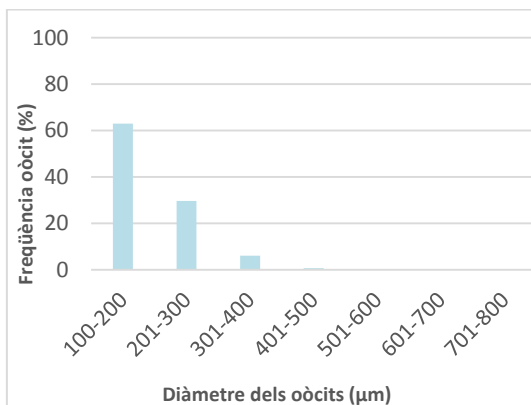
8.16: Longitud total:17.3cm, captura: 24 de maig del 2016.



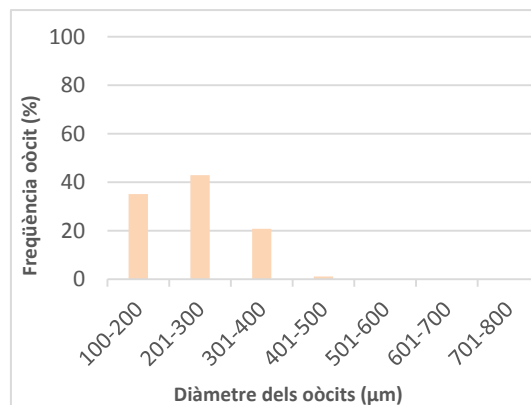
8.17: Longitud total:17.3cm, captura: 20 d'abril del



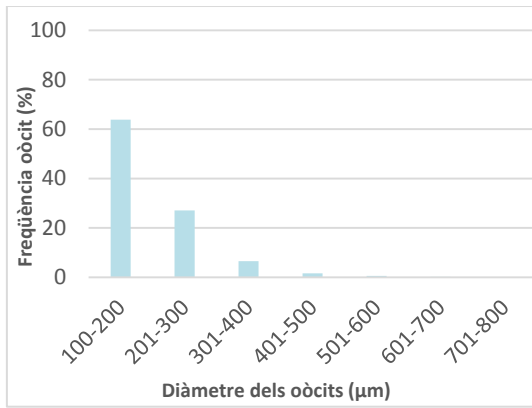
8.18: Longitud total:17.4cm, captura: 11 de maig del 2016.



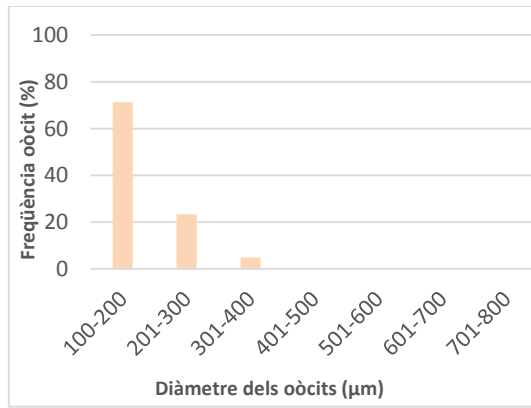
8.19: Longitud total:17.5cm, captura: 7 d'abril del 2016.



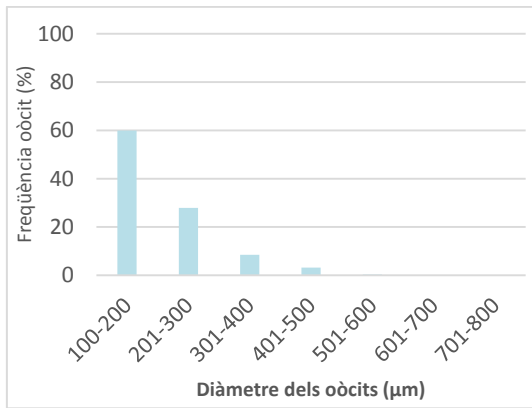
8.20: Longitud total:17.6cm, captura: 24 de maig del 2016.



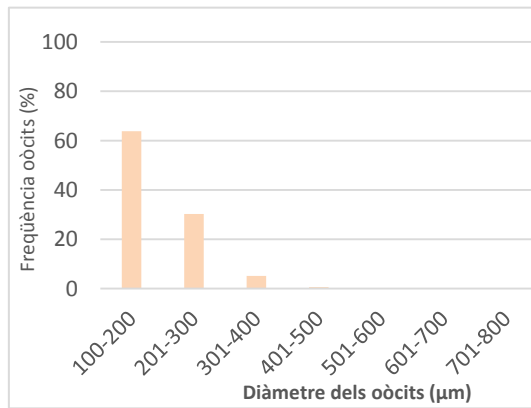
8.21: Longitud total: 17.6cm, captura: 13 d'abril del 2016.



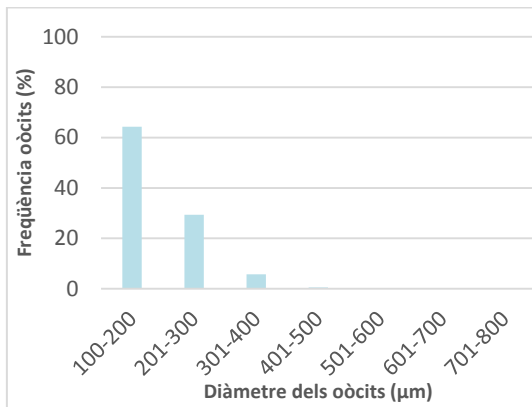
8.22: Longitud total:17.8cm, captura: 18 de maig del 2016.



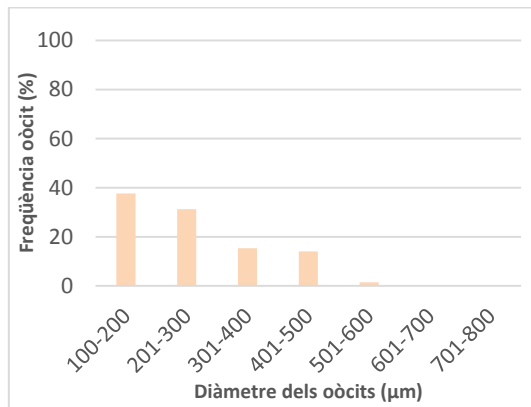
8.23: Longitud total:17.8cm, captura: 7 d'abril del 2016.



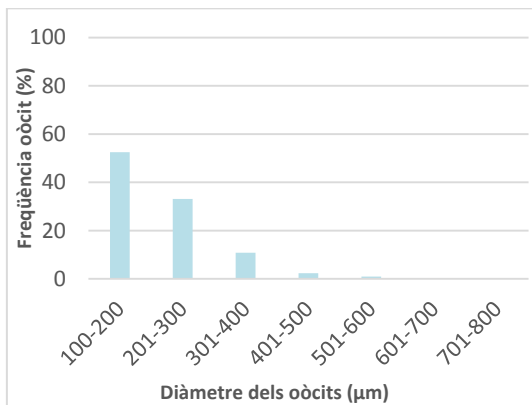
8.24: Longitud total:17.8cm, captura: 18 de maig del 2016.



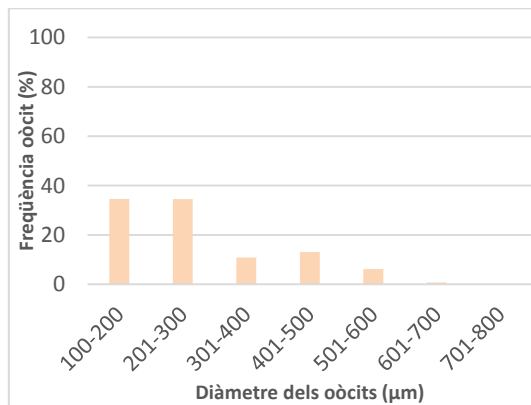
8.25: Longitud total: 18.4cm, captura: 20 d'abril del 2016.



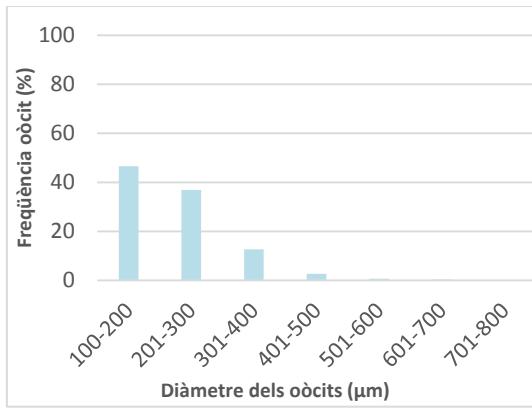
8.26: Longitud total:18.5cm, captura: 18 de maig del 2016.



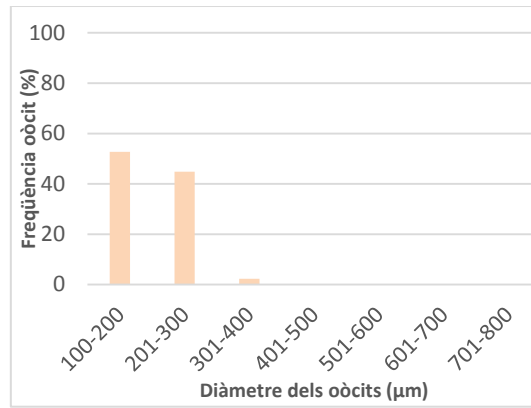
8.27: Longitud total:18.8cm, captura: 13 d'abril del 2016.



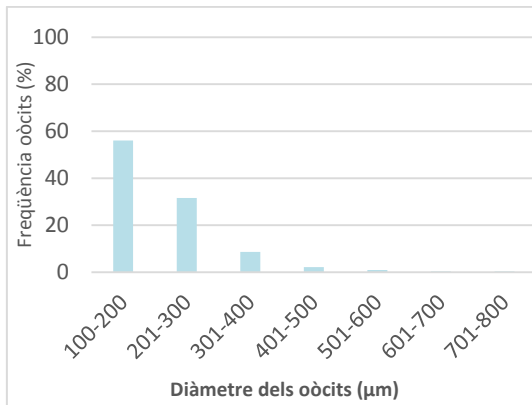
8.28: Longitud total:18.8cm, captura: 4 de maig del 2016.



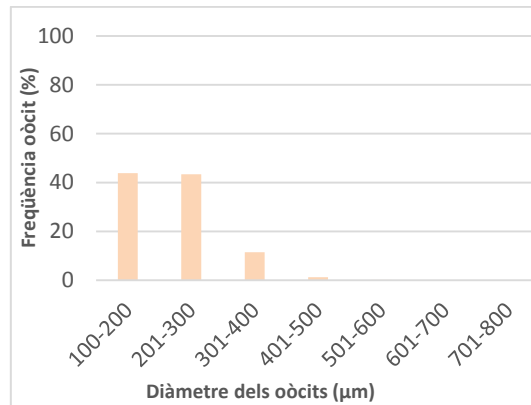
8.29: Longitud total:19.7cm, captura: 20 d'abril del 2016.



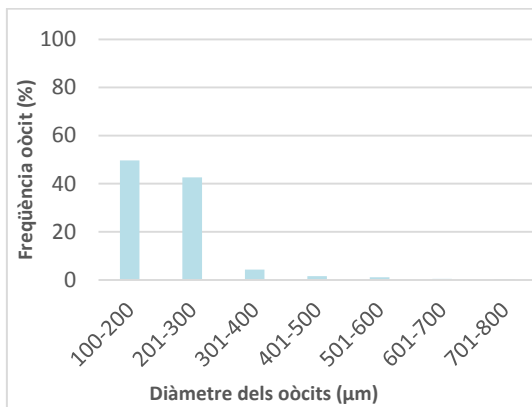
8.30: Longitud total:19.6cm, captura: 18 de maig del 2016.



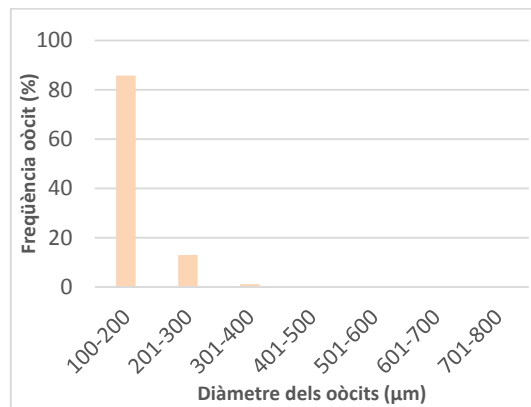
8.31: Longitud total:19.9cm, captura: 7 d'abril del 2016.



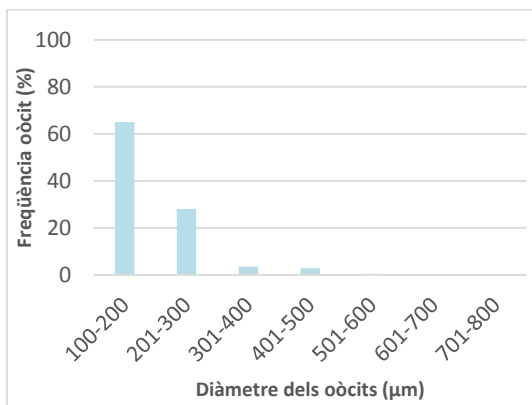
8.32: Longitud total:19.9cm, captura: 24 de maig del 2016.



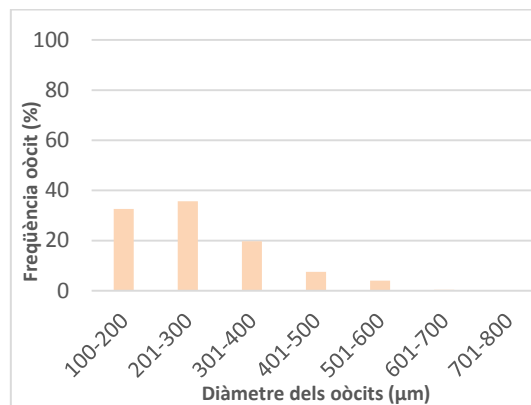
8.33: Longitud total:20.3cm. captura: 19 d'abril del 2016.



8.34: Longitud total:20.0cm, captura: 4 de maig del 2016.



8.35: Longitud total:21.4cm, captura: 7 d'abril del 2016.



8.36: Longitud total:20.6cm, captura: 24 de maig del 2016.

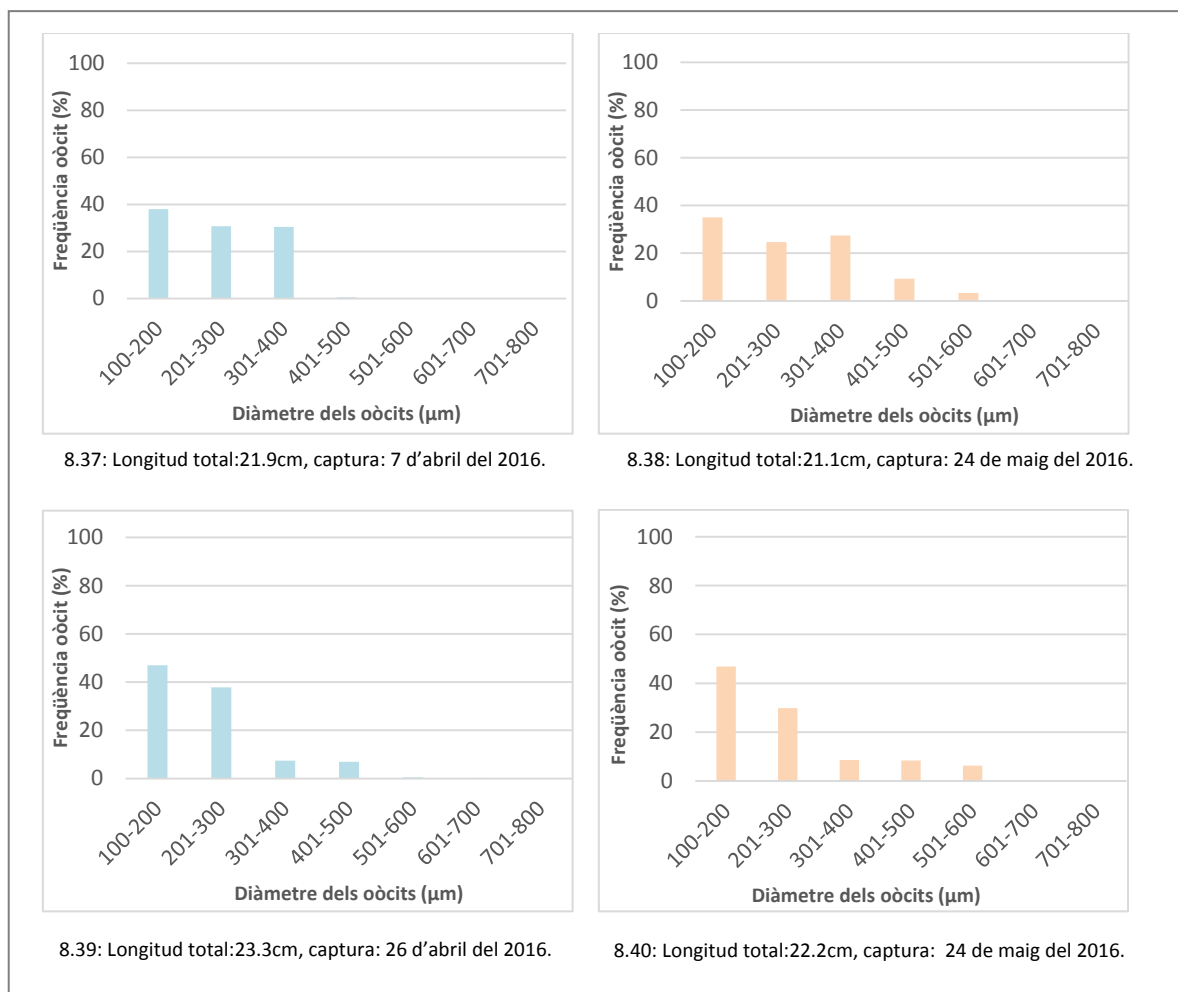


Figura 8: Freqüència d'oòcits (%) per diàmetres en cada exemplar estudiat. Els histogrames és troben ordenats per mesos (el mes d'abril el histograma és de color blau i el mes de maig el histograma és de color taronja) i dins de cada mes es troben ordenats segons la longitud total (LT) – de menor a major - del exemplar. En el peu de cada histograma hi ha la longitud total del exemplar(cm) i la data de captura.

A la taula 2 s'observa que durant l'abril les gònades tenen menys quantitat d'oòcits vitel·logènics i madurs que les gònades del maig; durant el maig la majoria de gònades analitzades tenen més de 1.200 oòcits vitel·logènics i madurs. Al comparar el nombre total d'oòcits entre talles similars de l'abril i del maig s'ha vist que en 4 casos la gònada del mes d'abril té més oòcits vitel·logènics i oòcits madurs que la gònada del mes de maig i només en 2 es veuen diferències significatives: la talla 176mm del mes d'abril té 4.249 oòcits i la comparada del maig 134 oòcits, i la talla 203mm de l'abril té 1.742 oòcits i la comparada del maig 420 oòcits. Aquest fet podria indicar que aquests dos exemplars del mes de maig ja estan acabant la posta: si s'observen els seus respectius histogrames, la talla 178mm queda un 0.2% d'oòcits amb un diàmetre de 500-600 μ m i la talla 200mm no hi ha presència d'oòcits hidratats, ara bé, s'observa que hi ha reclutament d'oòcits de diàmetre de 100-200 μ m que madurarien per una posta més tardana.

Dels 20 exemplars analitzats de l'abril, 13 tenen oòcits amb un diàmetre superior a 500µm a diferència dels exemplars del maig, que dels 20, 18 tenien oòcits amb un diàmetre superior a 500µm.

Taula 2: : Dades de les 40 gònades escollides per fer l'estudi de fecunditat. A la taula es mostra el número de la figura que representa el histograma de la gònada (Figura), tots els exemplars del mes d'abril a partir de la seva longitud total amb mm (Exemplars abril (LT)), el nombre total d'oòcits vitel·logènics (>200 µm) i oòcits madurs (>500 µm) (Nombre total oòcits vitel·logènics i madurs) i el diàmetre del oòcit amb el diàmetre màxim i el diàmetre del oòcit amb el diàmetre mínim de cada exemplar (µm) (Diàmetre min-màx (µm)), tots els exemplars del mes de maig a partir de la seva longitud total amb mm (Exemplars maig (LT)), el nombre total d'oòcits vitel·logènics (>200 µm) i oòcits madurs (>500 µm) (Nombre total oòcits vitel·logènics i madurs) i el diàmetre del oòcit amb el diàmetre màxim i el diàmetre del oòcit amb el diàmetre mínim de cada exemplar (µm) (Diàmetre min-màx (µm)).

Figura	Exemplars abril (LT)	Nombre total oòcits vitel·logènics i madurs	Diàmetre min-màx (µm)	Figura	Exemplars maig (LT)	Nombre total oòcits vitel·logènics i madurs	Diàmetre min-màx (µm)
8.1	147 mm	11	211-298	8.2	150 mm	1.200	204-430
8.3	153 mm	32	204-408	8.4	153 mm	1.287	204-641
8.5	157 mm	399	204-494	8.6	157 mm	2.483	204-548
8.7	158 mm	305	211-422	8.8	159 mm	5.113	204-593
8.9	166 mm	1.399	211-497	8.10	162 mm	1.711	204-518
8.11	168 mm	1.485	211-641	8.12	168 mm	3.668	204-764
8.13	170 mm	1.372	204-362	8.14	173 mm	1.211	211-531
8.15	171 mm	4.547	204-572	8.16	173 mm	8.963	211-790
8.17	173 mm	3.102	204-540	8.18	174 mm	6.005	211-522
8.19	175 mm	1.216	204-783	8.20	176 mm	6.851	211-613
8.21	176 mm	4.249	204-764	8.22	178 mm	134	211-563
8.23	178 mm	465	204-632	8.24	178 mm	1.310	204-656
8.25	184 mm	720	204-415	8.26	185 mm	4.940	204-764
8.27	188 mm	1.799	211-660	8.28	188 mm	11.998	211-774
8.29	197 mm	4.014	211-790	8.30	196 mm	4.521	204-512
8.31	199 mm	2.623	211-777	8.32	199 mm	4.519	211-738
8.33	203 mm	1.742	204-790	8.34	200 mm	420	204-430
8.35	214 mm	1.506	211-738	8.36	206 mm	18.690	211-790
8.37	219 mm	2.292	211-641	8.38	211 mm	22.072	204-783
8.39	233 mm	9.555	211-796	8.40	222 mm	9.468	204-764

S'ha observat que les talles petites (inferiors al 166mm de longitud total) del mes d'abril, la mida màxima de diàmetre dels seus oòcits és inferior a 500µm. Les talles petites del mes de maig s'ha vist que tenen oòcits amb un diàmetre superior a 500µm, tal i com es mostra a la taula 2.

El mes d'abril a partir de 168mm de longitud total (Figura 8.11) s'observen alguns oòcits madurs de diàmetres superiors a 500µm. S'ha observat que l'exemplar de 170mm (Figura 8.13) i l'exemplar de 184mm (Figura 8.25) no tenen oòcits amb un diàmetre superior a 500µm. L'exemplar amb una longitud total de 233mm del mes d'abril, tenia la gònada més grossa i presentava més % d'oòcits per cada diàmetre d'aquell mes (Figura 8.39).

El mes de maig a partir de la talla 153mm (Figures 8.4) s'observen oòcits de diàmetres superiors a 500µm a pràcticament tots els exemplars. Les gònades del mes de maig que presenten un pes destacat (Taula 1) s'observen oòcits de diàmetres superiors a 750µm.

El test estadístic t-student (Figures 9) demostra que hi ha una diferència significativa (p -valor<0.05) entre el nombre total d'oòcits vitel·logènics dels exemplars de *Serranus cabrilla* del mes d'abril i del mes de maig. Els valors dels oòcits vitel·logènics han sigut presos a partir d'un diàmetre superior a 200µm fins a un diàmetre de 499µm de cada mes treballat.

P value and statistical significance: The two-tailed P value equals 0.0134 By conventional criteria, this difference is considered to be statistically significant.	Group	Abril	Maig
	Mean	2112.10	5561.20
	SD	2178.11	5531.95
	SEM	487.04	1236.98
	N	20	20

Figura 9: Resultats del test estadístic paramètric t-student. S'observa el p-valor obtingut (p <0.05) de la comparació dels oòcits en fase vitel·logènica dels mesos d'Abril i Maig i indica que són significativament diferents. També mostra la mitjana i desviació dels oòcits vitel·logènics per cada exemplar del mes d'Abril i del mes de Maig.

També es va dur a terme el test estadístic t-student (Figura 10) en el cas dels oòcits hidratats i s'ha vist que hi ha una diferència significativa (p -valor<0.05) entre el nombre total d'oòcits madurs del mes d'abril i del mes de maig. S'han considerat oòcits madurs els de diàmetre superior a 500µm.

P value and statistical significance: The two-tailed P value equals 0.0408 By conventional criteria, this difference is considered to be statistically significant.	Group	Group One	Group Two
	Mean	30.80	267.15
	SD	44.39	497.04
	SEM	9.93	111.14
	N	20	20

Figura 10: Resultat del test estadístic paramètric t-student. S'observa el p-valor obtingut (p <0.05) de la comparació dels oòcits en fase hidratada dels mesos d'abril (group one) i maig (group two) i indica que són significativament diferents. També es mostra la mitjana i desviació dels oòcits hidratats per cada exemplar del mes d'Abril i del Maig.

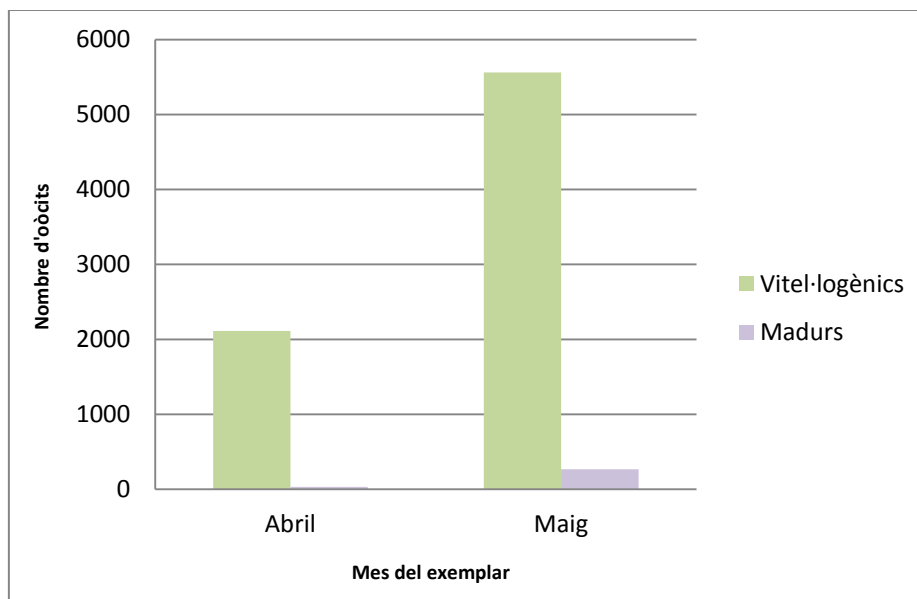


Figura 11: Representació gràfica del nombre d'òocits madurs (verd) i òocits vitel·logènics (lila) que es troben de mitjana en una gònada d'un exemplar de *Serranus Cabrilla* durant el mes d'abril i el mes de maig. S'observa que hi ha un increment per part dels òocits madurs i dels òocits vitel·logènics durant el mes de maig.

Tal com mostra la gràfica (Figura 11) tant el nombre d'òocits madurs com vitel·logènics de les gònades dels *Serranus cabrilla* incrementen el mes de maig.

Finalment el càlcul de la fecunditat s'ha dut a terme a partir de la suma de tots els òocits vitel·logènics i madurs (diàmetre >200µm) que es trobaven a les gònades dels exemplars de la temporada de posta, de la taula 2 i s'ha fet una mitja.

Així doncs la fecunditat mitjana és de 6.445 ous durant la temporada de posta i el rang, en la mostra analitzada, oscil·la entre els 1.200 ous i els 22.072 ous.

També s'ha observat (Figura 7) que durant l'època de posta, a mesura que avança la maduració, hi ha reclutament d'òocits previtel·logènics (diàmetres 100-200µm) cap a diàmetres més grans corresponents a òocits vitel·logènics. Per aquest fet s'ha calculat la fecunditat potencial. S'ha fet el càlcul a partir de la suma de tots els òocits que es trobaven a les gònades dels exemplars de la temporada de posta i s'ha fet una mitja.

En aquest cas la fecunditat potencial seria de 10.551 ous de mitjana durant la temporada de posta, és a dir, ous que podrien ser alliberats si tots arribessin a desenvolupar-se bé, si les condicions ambientals permeten allargar la posta. A més a més en la mostra analitzada la màxima fecunditat potencial seria de 33.936 ous (exemplar de 211mm).

DISCUSSIÓ

L'exemplar més petit de *Serranus cabrilla* analitzat amb oòcits madurs, era un exemplar del mes de maig i tenia una longitud total de 153mm (126mm de longitud estàndard). Aquest resultat s'ha comparat amb els de Garcia *et al.* (1997) el qual deia que la longitud estàndard mínima de la primera maduració gonadal del *Serranus cabrilla* és de 152mm. Aquest fet fa pensar que els individus de la costa Brava la talla de maduració és més baixa en comparació als exemplars de les illes Canàries dels anys 1992 i 1993 amb els que va treballar Garcia *et al.* (1997).

La gònada del *Serranus cabrilla* està formada per teixit testicular i teixit ovàric, els quals es troben separats per teixit connectiu, tal i com descrivia Bublely *et al.*, (2010). Aquest conjunt s'anomena ovotestis (Erisman *et al.*, 2011). Durant la mateixa temporada hi ha alliberació d'oòcits i d'espermatozoides (Miller *et al.*, 2009), així doncs *Serranus cabrilla* és un peix hermafrodita simultani funcional (Brown *et al.*, 2011).

En l'ovotestis el teixit testicular es troba situat en posició ventrolateral i ocupa menys espai a dins de la gònada en comparació al teixit ovàric que ocupa la major part. Durant el desenvolupament i maduració dels oòcits aquests augmenten el seu diàmetre, i com a conseqüència el teixit ovàric augmenta de volum provocant que la gònada també esdevingui més grossa.

El teixit ovàric està format per cordons ovàrics disposats en direcció al lumen i el desenvolupament dels oòcits és asincrònic ja que s'ha vist que en la gònada poden coexistir oòcits en diversos estadis de desenvolupament.

Segons García *et al.*,(1997) els oòcits previtel·logènics del *Serranus cabrilla*, passaven a ser vitel·logènics quan el seu diàmetre mig és de $217 \pm 40\mu\text{m}$ i Ibáñez (2016) observava els oòcits vitel·logènics amb un diàmetre de $250\mu\text{m}$. En el cas de l'oòcit madur, García *et al.*, (1997) deia que el diàmetre mig era de $491 \pm 53\mu\text{m}$ i segons Ibáñez (2016) el diàmetre era de mitjana de $500\mu\text{m}$. Segons les nostres observacions, els oòcits es poden considerar vitel·logènics quan tenen una mida superior a $200\mu\text{m}$ i en el cas dels oòcits madurs a partir de $500\mu\text{m}$ de diàmetre.

En estudis previs de peixos hermafrodites simultanis s'havia observat que el teixit testicular era el primer a madurar dins els ovotestis (Bublely *et al.*, 2010) i en aquest treball s'ha constatat en el *Serranus cabrilla* de la Costa Brava. S'ha observat que el seu desenvolupament

s'inicia durant el mes de febrer a diferència del teixit ovàric que inicia el seu desenvolupament el mes de març tal i com s'observa en el índex GSI: comença a augmentar durant aquell mes.

També s'ha vist exemplars de 155mm i 160mm del mes de maig i juny que tenien el teixit testicular madurant i el teixit ovàric no. Com ja s'ha comentat el teixit ovàric inicia la seva maduració durant el mes de març i per aquest fet el teixit ovàric d'aquests exemplars ja tindrà que estar madurant. S'ha arribat a la conclusió que individus amb talles inferiors als 160mm poden madurar únicament el teixit testicular una o varies temporades abans que ho fes el teixit ovàric.

Ilhan *et al.*, (2010) observava que l'època de fresa del *Serranus cabrilla* pot anar des de finals de març fins a finals de juny depenent de la zona on es trobi l'exemplar i de diversos factors externs a ell que el poden influenciar. Tsikiliros *et al.*, (2010), comentava que depenent de la zona del Mediterrani l'època de fresa pot variar entre març i setembre. En el treball present s'ha vist que l'índex gonadosomàtic augmenta considerablement durant el mes de maig respecte el mes d'abril; durant el juny el GSI s'estabilitza tot indicant que ja s'ha iniciat la posta. Tot i que durant el mes de maig s'ha iniciat la posta el GSI del juny no disminueix perquè la gònada del serrà segueix reclutant oòcits de 100-200 µm del mes de maig per madurar i fer postes més tardanes en el cas que les condicions ambientals ho permetin. Durant el mes de maig els exemplars a partir de la talla de 153mm tenen un increment respecte el mes d'abril del nombre d'oòcits vitel·logènics i madurs (sobretot dels oòcits amb un diàmetre superior 500µm) a les gònades, on també s'ha observat la presència de fol·licles postovulatoris. A més a més s'han observat dos exemplars del maig de 178mm i 200mm que ja havien dut a terme la posta. Segons Ibáñez (2016) el mes de juny el nombre d'oòcits vitel·logènics i madurs disminueix respecte el mes de maig. A partir d'aquet recull de dades s'arriba a la conclusió que tot i que durant l'abril algun exemplar pot dur a terme la posta, la temporada òptima de posta del *Serranus cabrilla* de la Costa Brava és durant el maig i el juny.

La posta del *Serranus cabrilla* és asíncrona (Brown *et al.*, 2011) ja que s'ha observat algunes gònades on hi ha la coexistència d'oòcits en tots els estadis de desenvolupament barrejats. A més s'han vist fol·licles postovulatoris amb oòcits hidratats, indicant que l'individu es troba en plena posta. Aquest fet indica que els serrans van fer postes successives d'ous per tal de deixar lloc a la gònada als oòcits vitel·logènics que es troben madurant.

El GSI i el HSI es troben, en principi, relacionats ja que hi ha espècies que uns mesos abans del inici de la posta en el fetge emmagatzemen lipoproteïnes. Aquest emmagatzematge previ serà l'encarregat de formar les reserves dels oòcits vitel·logènics (Wallace *et al.*, 1981), tant de les

vesícules de vitel dels oòcits vitel·logènics com de les gotes lipídiques dels vitel·logènics 3. Aquest emmagatzematge de reserves abans del creixement dels oòcits durant l'època reproductiva feia pensar que a mesura que el índex gonadosomàtic anés augmentant per contra l'índex hepatosomàtic aniria disminuint, una relació inversament proporcional. En el cas del *Serranus cabrilla* no s'observa aquest fet en l'índex hepatosomàtic. El serrà no acumula reserves energètiques en el fetge abans del desenvolupament de les gònades, sinó que el fetge probablement va distribuint les reserves de forma regular.

La fecunditat mitjana del *Serranus cabrilla* és de 6.445 ous durant la temporada de posta i el rang oscil·la entre els 1.200 ous i els 22.072 ous. S'ha vist que la fecunditat varia depenent de la talla, ja que l'exemplar amb menor fecunditat tenia una talla de 150mm del mes de maig i amb major fecunditat era un serrà amb una longitud total de 211mm del mes de maig; tal i com indica Murua *et al.*, (2003), la fecunditat està sovint condicionada per la talla del peix.

A l'observar que durant l'època de posta hi ha un reclutament d'oòcits previtel·logènics cap a oòcits vitel·logènics s'ha estimat la fecunditat potencial mitjana del serrà en 10.551 ous .

Encara que podria existir l'autofecundació és un fet rar en els teleostis, ja que pot comportar que apareguin certs trets recessius que no interessen (Miller *et al.*, 2009) i no promouen la diversitat genètica. És creu que l'aparellament de *Serranus cabrilla* s'assembla al de *Serranus scriba*: dos exemplars de talla similar es troben i neden molt junts duent a terme una dansa, on es produeix la posta dels espermatozoides i dels ous per tal de dur a terme la fertilització d'aquests últims (Corbera *et al.*, 1996). El fet que els serrans no alliberin els gàmetes fins el moment que no es troben amb un altre exemplar de la seva espècie fa pensar que d'aquesta forma s'evita l'autofecundació. Una altra forma d'evitar l'autofecundació és que l'alliberació dels gàmetes és dugui a terme de forma seqüencial. Així doncs es creu que els serrans es troben amb la parella en el moment que els dos individus poden dur a terme la posta i l'exemplar que té els espermatozoides més madurs els allibera primer comportant que l'altre exemplar hagi d'alliberar els seus oòcits madurs i aquests siguin fertilitzats. En una segona dansa s'intercanvien els papers i es produirà una segona fertilització i així evitant la autofecundació. El fet que la maduració dels ous sigui asincrònica i que es vagin produint postes successives, podria permetre que cada individu s'aparellés, al llarg del seu període reproductor, amb diversos individus.

ÈTICA I SOSTENIBILITAT DE L'ESTUDI

Les mostres amb les quals s'ha treballat ja estaven fins un cert grau processades. Procedien de peixos capturats artesanalment pels pescadors de diversos ports i que es recollien ja morts a les llotges o a la peixateria. Per tant no s'ha fet cap procediment cruent amb cap animal viu ni s'ha aplicat en cap cas eutanàsia en els exemplars de *Serranus cabrilla* per la realització del treball. Finalment pel que fa a la sostenibilitat, s'ha treballat sota de la campana de gasos amb el reactiu químic Gilson, que s'ha reciclat adequadament en un bidó de residus especials (l'Universitat de Girona s'encarrega de gestionar el seu reciclatge).

CONCLUSIONS

The *Serranus cabrilla* is functional simultaneous hermaphrodite because during the spawning period it can release oocytes and spermatozooids. The gonads are formed with ovary tissue and testicular tissue, and their ensemble is called ovotestis with the smallest testicular tissue and the ovary tissue occupying most of the gonad. The development of oocytes is asynchronous because during oocyte maturation phase coexist oocyte at different stages of development. The diameter to consider an oocyte vitel·logènica has been determined more than 200µm. Similarly, we could considerate an oocyte is mature when it's larger than 500µm

The testicular tissue begins its maturation during February before the ovary tissue, which begins during March. The optimal season for the spawning of the *Serranus cabrilla* in the Costa Brava is in May and June, and the spawning is asynchronous. The average fecundity is of 6.445 eggs during the spawning season with an oscillation between 1.200 and 22.072 eggs and the potential fecundity is of 10.551 eggs. We have seen that fecundity depends on the size of the fish. Although it is simultaneous hermaphrodite, the self-fertilize is unlikely. It seems that they release the gametes sequentially and only when they have found their partner, as has been seen in other species of the same genus.

To end, we will briefly comment the HSI index. Unlike other species that store the lipid reserve before the grow of the gonad, the *Serranus cabrilla* doesn't accumulate lipids in its liver before the swarming season, but the liver itself give the lipids that it normally has to the developing oocytes.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, A. (2008). *Peces de la Costa Brava: 43 especies de nuestras costas* (1ª edición). España: Lulu.com
- Brown, N., Wyanski, D., Saborido, F., Macewics, B., Lowerre, S. (2011). A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 3(1), 52-70.
- Buble, J., Pashuk, O. (2010). Life history of a simultaneously hermaphroditic fish, *Diplectrum formosu*. *Journal of Fish Biology*, 77, 676–691.
- Club immersi3 Biologia (2017). UB. Recuperat de http://www.cibsub.cat/bioespecie_es-serranus_cabrilla-28081
- Corbera, J., Sabatés, A., García, A. (1996). *Peces de mar de la Península Ibérica*. Barcelona: Editorial Planeta.
- Csirke, J. (1980). Introducci3n a la dinàmica de poblaciones de peces. *FAO, Doc.Téc.Pesca,(192)*, 1-80.
- Domínguez, R., Anastasopoulou A., Cubillos L., Gerritsen H., Gonçaves P., Hidalgo M., Kennedy J., Korta M., Marteinsdottir G., Morgado C., Muñoz M., Quincoces I., Saínza M., Thorsen A., Vitale F. (2017). Chapter 3: Maturity. In Domínguez, R., Murua, H., Saborido, R., Trippel, E. (ed.), *Handbook of applied fisheries reproductive biology for stock assessment and management* (1th edition.). Vigo: Digital CSIC.
- Erisman, B., Hastings, P. (2011). Evolutionary Transitions in the Sexual Patterns of Fishes: Insights from a Phylogenetic Analysis of the Seabasses (Teleostei: Serranidae). *Copeia*, 3, 357–364.
- Fischer, E. (1980). The relationship between mating system and simultaneous hermaphroditism in the coral reef fish, *Hypoplectrus nigricans* (serranidae). *Animal Behaviour*, 28, 620-633.
- García, M., Tuset, V., González, J., Socorro, J. (1997). Sex and reproductive aspects in *Serranus cabrilla* (Osteichthyes: Serranidae): macroscopic and histological approaches. *Marine Biology*, 127(3), 379-386.
- Gassman, J., Eslava, N., González, L. (2008). Reproducci3n de la sardina, *Sardinella aurita* (Cupleiformes: Clupeidae) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 56(4).
- Gili, J. (2001). Biodiversitat marina mediterrània. *L'Atzavara*, 9, 25-35.

- Ibáñez, N. (2016). *Avaluació de paràmetres relacionats amb la reproducció de l'hermafrodita Serranus cabrilla (Pisces, Serranidae)*(Treball de final de grau). Universitat de Girona, Girona, Espanya.
- İlhan D., Akalin S., Tosunoğlu Z., Özyayın O. (2010). Growth characteristics and reproduction of comber, *Serranus cabrilla* (Actinopterygii, Perciformes, Serranidae), in the Aegean Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 40(1), 55–60.
- Miller, B., Kendall, A. (2009). Chapter 1: Fish Reproduction. In Miller, B., Nummela, S. (ed.), *Early life history of marine fishes*. California: California Scholarship.
- Moutopoulos, D., Stergiou, K. (2002). Length-weight and length-length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 18, 200-203.
- Moyle, P., Cech, J. (2004). *Fishes: an introduction to ichthyology* (5th edition). California: Pearson Prentice Hall
- Murua, H., Kraus, G., Saborido, F., Witthames, P., Thorsen, A., Junquera, S. (2003). Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* (33), 33-54.
- Nelson, J., Grande, T., Wilson, M. (2016). *Fishes of the World* (5th edition). New York: John Wiley & Sons.
- Piferres, F. (2009). Determinación y diferenciación sexual en los peces. En M. Carrillo (ed.), *La reproducción de los peces: aspectos básicos y sus aplicaciones en acuicultura* (1^a edición). Madrid: Cima Press.
- Sadovy, Y., Shapiro, D. (1987). Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia*, 1, 136-156.
- Tsikliras, A., Antonopoulou, E., Stergiou, K., (2010). Spawning period of Mediterranean marine fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20, 499–538.
- Tuset, V., García, M., González, M., Lorente, M., Lozano, I. (2005). Reproduction and growth of the painted comber *Serranus scriba* (Serranidae) of the Marine Reserve of Lanzarote Island (Central-Eastern Atlantic). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64, 335-346.
- Villamil, L., Arias, J. (2011). Fecundidad de *Otocinclus spectabilis*. *Orinoquia*, 15(1).
- Wallace, R., Selman, K. (1981). Cellular and Dynamic Aspects of Oocyte Growth in Teleosts. *American Zoologist*, 21, 325-343.

