



Limnología & Oceanografía

2018

Ciclo Profundización

Licenciatura en Gestión Ambiental



CURE
Centro Universitario
Regional del Este

Modulo
Reclutamiento
Peces y decápodos

Irene Machado
ire.machado@gmail.com
Asist. en Ecología Acuática
CURE-Rocha

Ciclos de vida y diversas estrategias de reproducción

Ciclos de vida complejos

Principales cambios y amenazas durante la fase larval en peces

Principales cambios y amenazas durante la fase larval en crustáceos decápodos

Principales procesos físicos que ocurren en la zona costera y sus efectos en el reclutamiento de peces y decápodos:

Micro, meso y macro escalas espacio-temporales

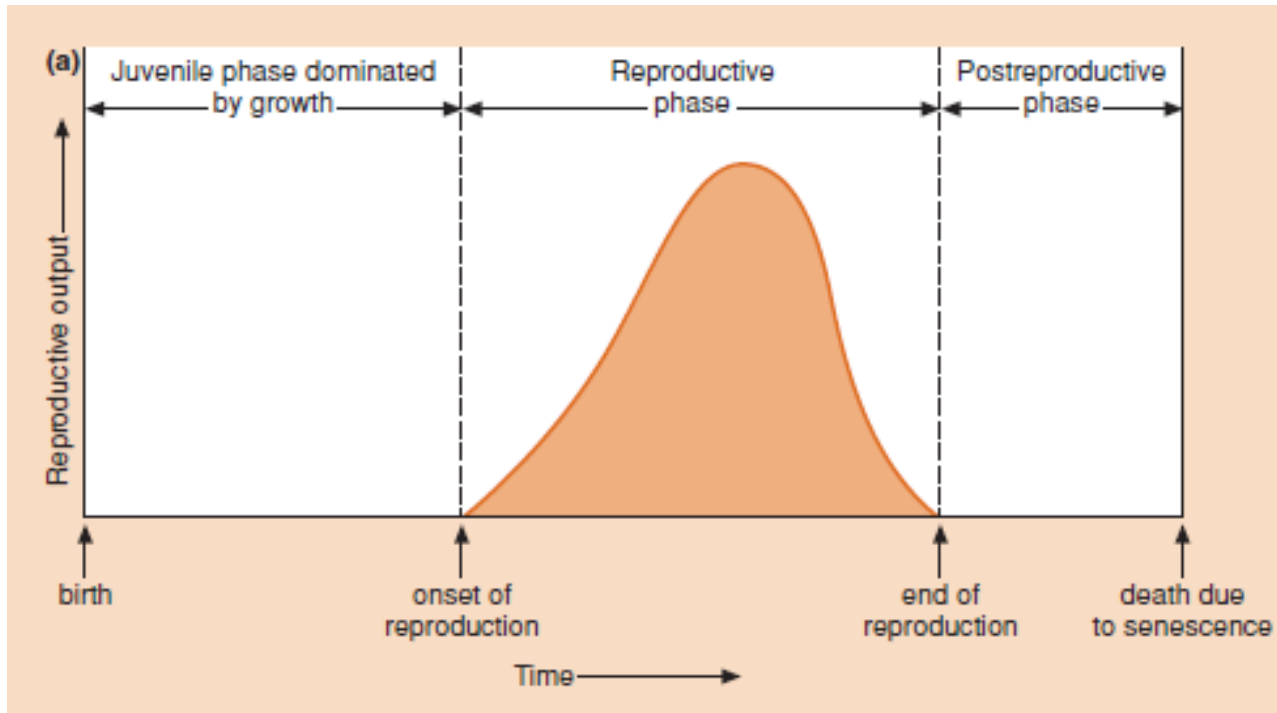
Modulo

Reclutamiento Peces y decápodos

- Clase 1 -

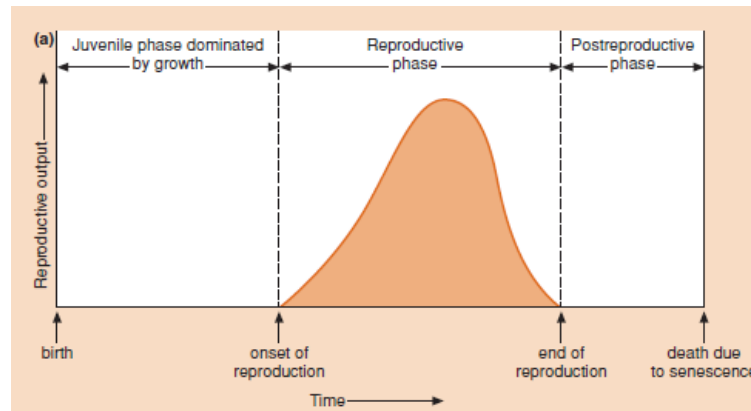
1- Ciclos de vida

- Los seres vivos pasan por distintas etapas durante su ciclo de vida: nacen, crecen, se reproducen, pasan por un periodo post reproductivo y mueren.



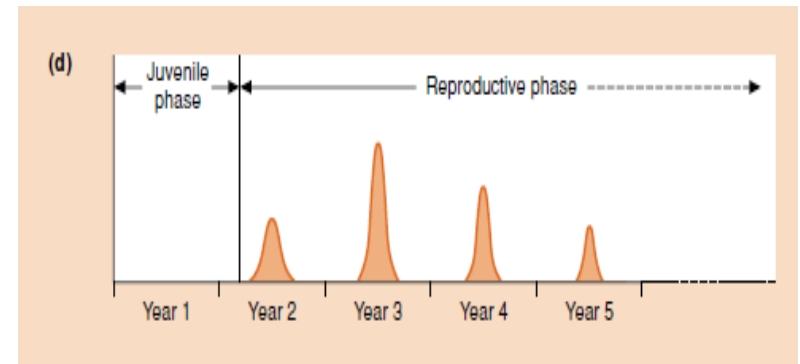
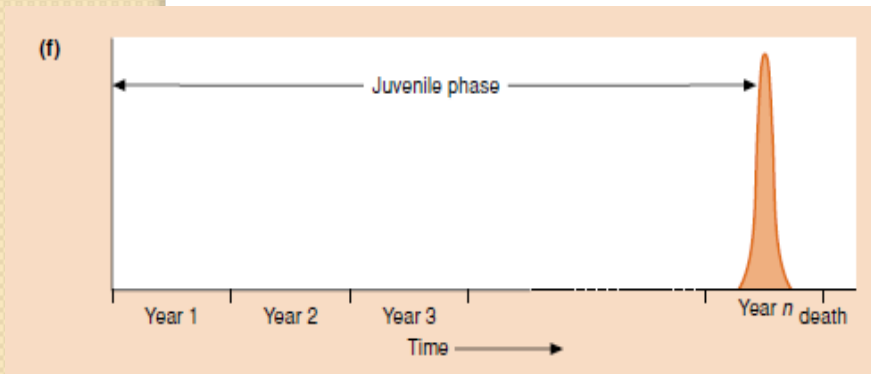
Ciclos de vida

- Existen diferentes ciclos de vida de acuerdo a la frecuencia en la reproducción



Semélparo, > 1 año

Iteróparo, > 1 año



Frecuencia puesta

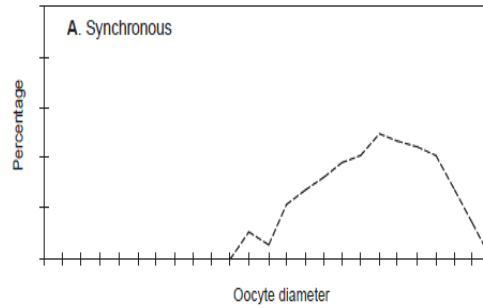
Organización ovario

Patrón del desove

semelparidad

Sincrónico

Desovante total



ovocitos se desarrollan y ovulan al mismo tiempo



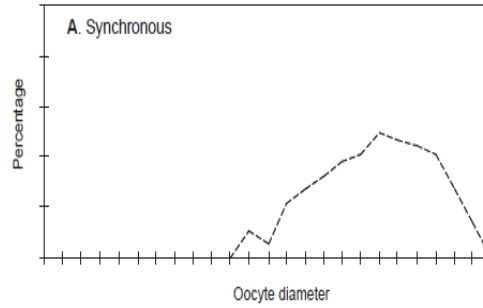
Salmón

Frecuencia puesta

semelparidad

Organización ovario

Sincrónico



Patrón del desove

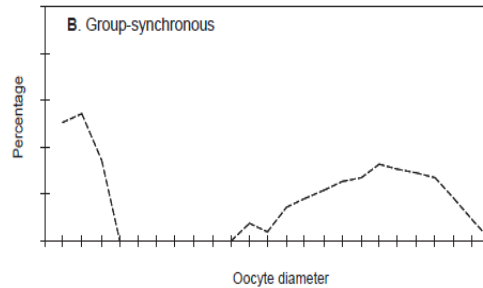
Desovante total

ovocitos se desarrollan y ovulan al mismo tiempo



iteroparidad

Grupo Sincrónico



Desovante total

2 grupos de ovocitos en ovario



Asincrónico

Desovante parcial

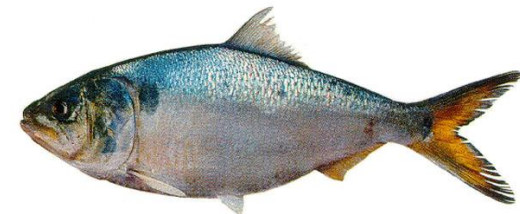
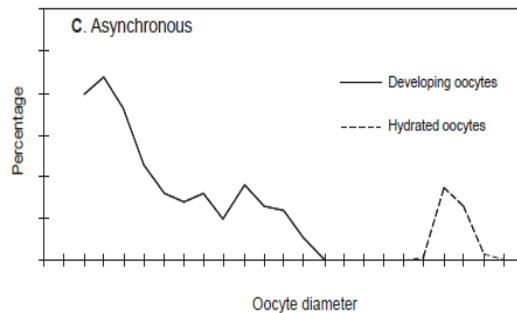


TABLE 2. Female reproductive strategies of marine fish species according to oocyte and egg development, recruitment of oocytes, and spawning pattern.

Breeding opportunities	Ovarian organization	Reproductive Strategy		Examples
		Fecundity type	Spawning pattern	
Semelparous	Synchronous	Determinate	Total spawner	Pacific salmon (<i>Oncorhynchus</i> sp.) Eels (<i>Anguilla</i> sp.) Capelin (<i>Mallotus villosus</i>)
Iteroparous	Group-Synchronous	Determinate	Total spawner	Redfishes (<i>Sebastes</i> sp.) Monkfishes (<i>Lophius</i> sp.) Herring (<i>Clupea harengus</i>) Atlantic Salmon (<i>Salmo salar</i>) Sea trout (<i>Salmo trutta</i>) Elasmobranchs
			Batch spawner	Cod (<i>Gadus morhua</i>) Haddock (<i>Melanogrammus aeglefinus</i>) Saithe/Pollock (<i>Pollachius virens</i>) Roughhead grenadier (<i>Macrourus berglax</i>) Roundnose grenadier (<i>Coryphaenoides rupestris</i>) Yellowtail flounder (<i>Limanda ferruginea</i>) Greenland halibut (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>) Atlantic halibut (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>) American plaice (<i>Hippoglossoides platessoides</i>) Dab (<i>Limanda limanda</i>) Plaice (<i>Pleuronectes platessa</i>) Bass (<i>Dicentrarchus labrax</i>) Winter flounder (<i>Pseudopleuronectes americanus</i>) Turbot (<i>Scophthalmus maximus</i>) Whiting (<i>Merlangus merlangus</i>)
	Asynchronous	Determinate	Batch spawner	Atlantic mackerel (<i>Scomber scombrus</i>) Sole (<i>Solea solea</i>)
		Indeterminate	Batch spawner	Anchovies (<i>Engraulis</i> sp.) European hake (<i>Merluccius merluccius</i>) Chub mackerel (<i>Scomber japonicus</i>) Horse mackerel (<i>Trachurus trachurus</i>) Yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) Pilchard (<i>Sardina pilchardus</i>) Atlantic swordfish (<i>Xiphias gladius</i>)

Murua y Saborido Rey 2003

Mayoría de las especies son iteróparas con grupos sincrónicos de oocitos en Atlántico Norte

Estrategias reproductivas

- Las estrategias reproductivas son adaptaciones funcionales, estructurales y comportamentales que tienen los seres vivos para aumentar la sobrevivencia de las descendencia
- Existe una gran diversidad de estrategias reproductivas que da origen a distintas formas de vida



Estrategia vs táctica reproductiva

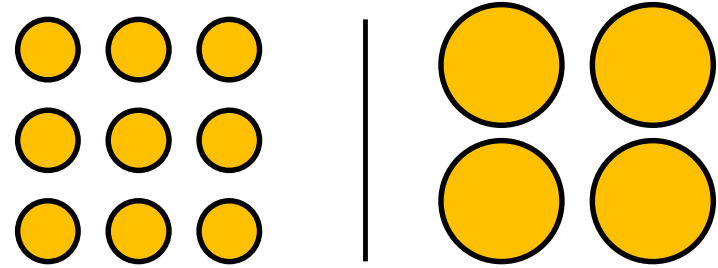
- La ER es el patrón común a todos los individuos de la especie
- El objetivo de ER es maximizar el número de progenie reproductiva en relación a la energía y vida parental
- La táctica reproductiva son variaciones en respuesta a fluctuaciones del ambiente (ej. especies con amplia distribución latitudinal)



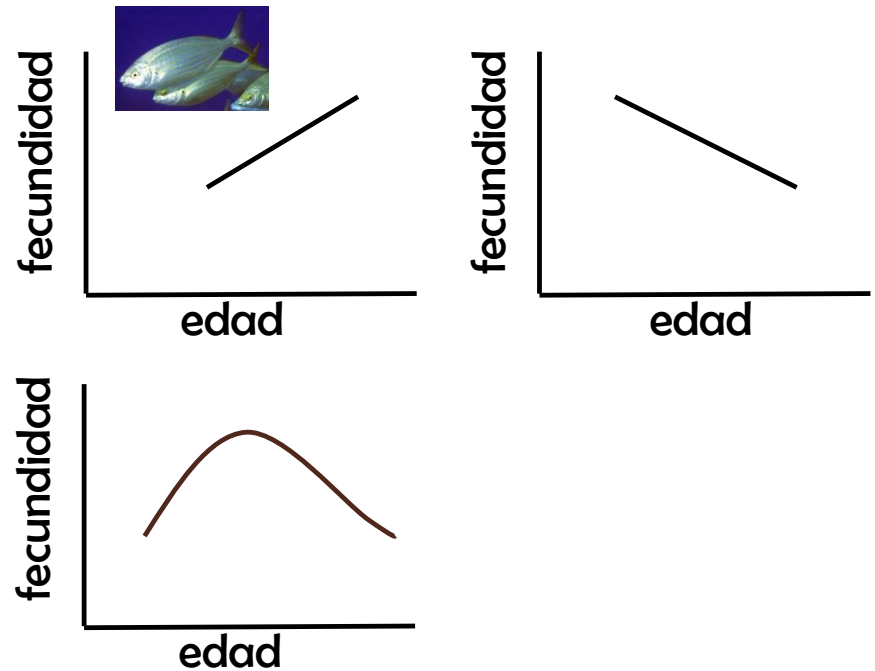
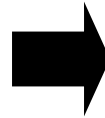
Wootton 1984

Tamaño vs. Número de oocitos

- Energía y espacio limitada



- Fecundidad está influida por la edad (tamaño)



2- Ciclos de vida complejos

- Muchos organismos acuáticos pasan varias etapas de sus ciclos de vida nadando en la columna de agua y forman parte del plancton.
 - Ej caracoles, lapas, estrellas, erizos y muchos otros organismos, poseen una etapa larval de nado libre, la que deberá sufrir una metamorfosis para adquirir la forma adulta



- diferentes historias de vida y duración vida planctónica

holoplancton (toda su vida forman parte del plancton)



protozoarios



rotíferos



cladóceros



copéodos



eufáusidos



medusas



pterópodos

meroplancton (estadios larvales o juveniles de especies bentónicas y nectónicas)



Calamar
(paralarva)



Equinodermo
(echinopluteus)



Molusco
(veliger)



Decápodos
(megalopa)



Larvas insectos



Larva peces

- diferentes historias de vida y duración vida planctónica

holoplancton (toda su vida forman parte del plancton)



protozoarios



rotíferos



cladóceros



copéodos

eufáusidos



medusas



pterópodos

meroplancton (estadios larvales o juveniles de especies bentónicas y nectónicas)



Calamar
(paralarva)



Equinodermo
(echinopluteus)



Molusco
(veliger)



Decápodos
(megalopa)



Larvas insectos



Larva peces

Porqué un estadio larval pelágico/planctónico?

VENTAJAS

- Larvas pelágicas pueden potencialmente dispersarse por grandes distancias (colonizar nuevos lugares, evitar sobrepoblamiento).
- Poca inversión en huevos y potencialmente pueden sobrevivir muchos individuos
- Larvas usan diferente fuente de alimento: menor competencia con los adultos.
- Un estadio larval podría romper ciclo de parásitos

DESVENTAJAS

- Las larvas son muy vulnerables y en general presentan grandes mortalidades (curva de sobrevivencia tipo 3)

Porqué un estadio larval pelágico?

VENTAJAS

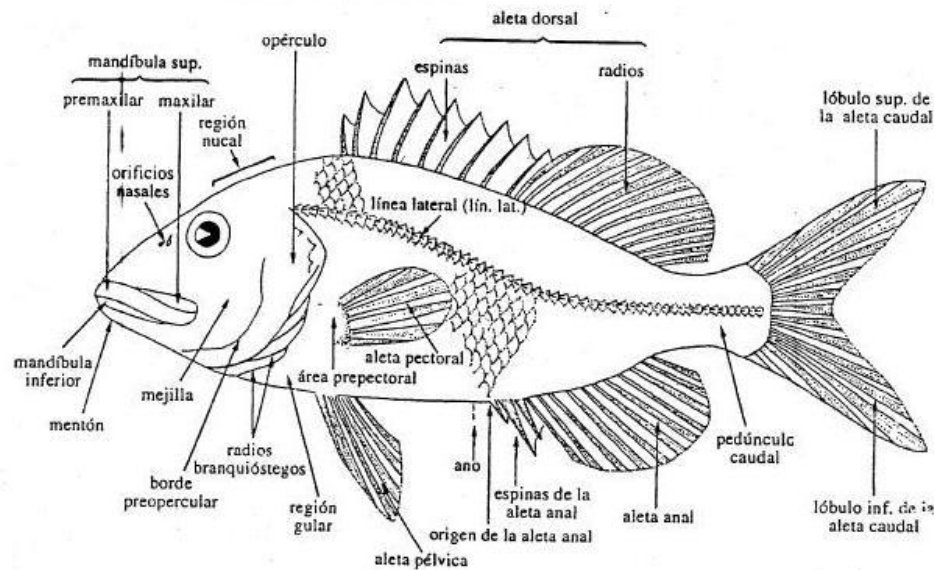
- Larvas pelágicas pueden potencialmente dispersarse por grandes distancias (colonizar nuevos lugares, evitar sobrepoblamiento).
- **Poca inversión en huevos y potencialmente pueden sobrevivir muchos individuos (o no!!)**
- Larvas usan diferente fuente de alimento: menor competencia con los adultos.
- Un estadio larval podría romper ciclo de parásitos

DESVENTAJAS

- Las larvas son muy vulnerables y en general presentan grandes mortalidades (curva de sobrevivencia tipo 3)

Peces teleósteos marinos

- peces con esqueleto parcial o totalmente osificado
- Con escamas, vejiga natatoria, branquias
- Presentan crecimiento continuo e ilimitado
- Es un grupo muy diverso, con especies marinas, estuarinas y de agua dulce

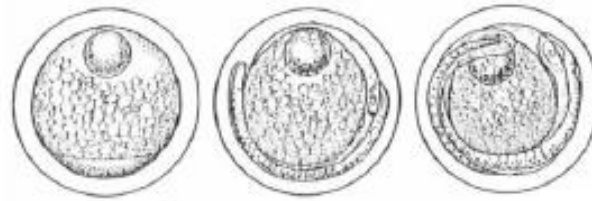


Ciclo vida peces teleósteos marinos

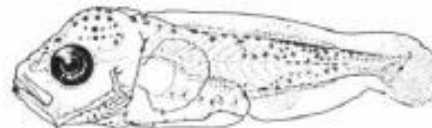
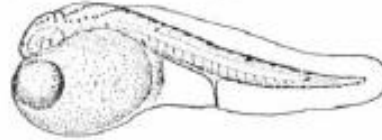


- La mayoría presenta sexos diferenciados, y para su reproducción existe algún tipo de cortejo en el cual se liberan los gametos y la fecundación ocurre en el medio. Las larvas son planctónicas mientras que los juveniles y adultos pueden ser nectónicos o bentónicos.

Etapas:



Huevo



larva

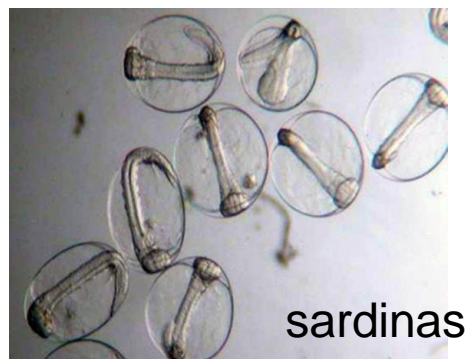


juvenil

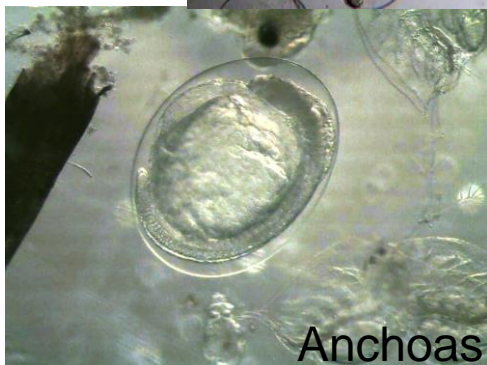
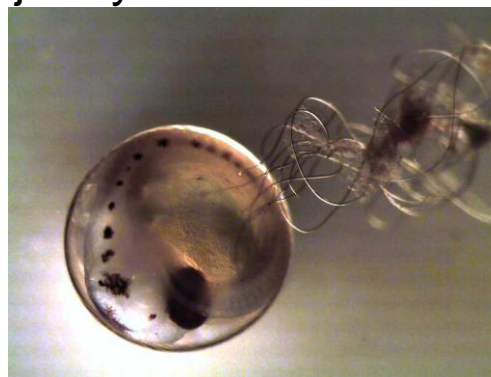
Caballa

Huevos

- Embrión envuelto en cápsula, por donde ocurre el intercambio gaseoso
- Se nutre del vitelo
- Los huevos pueden ser pelágicos (flotan en la columna de agua), o demersales (sobre fondo) o adheridos



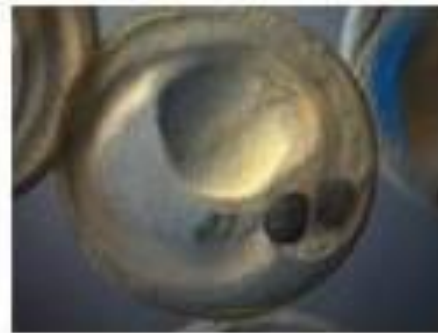
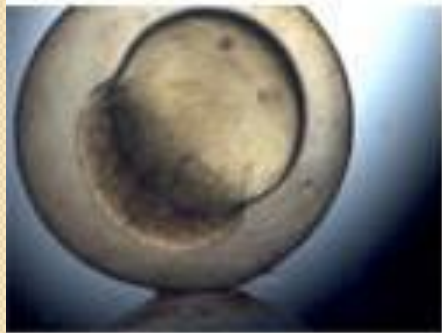
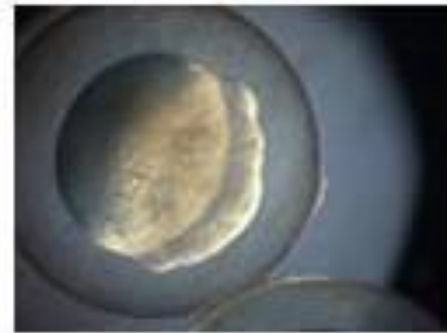
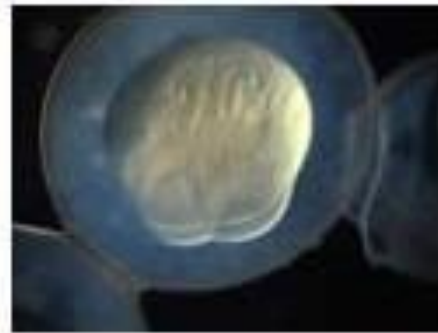
Pejerrey



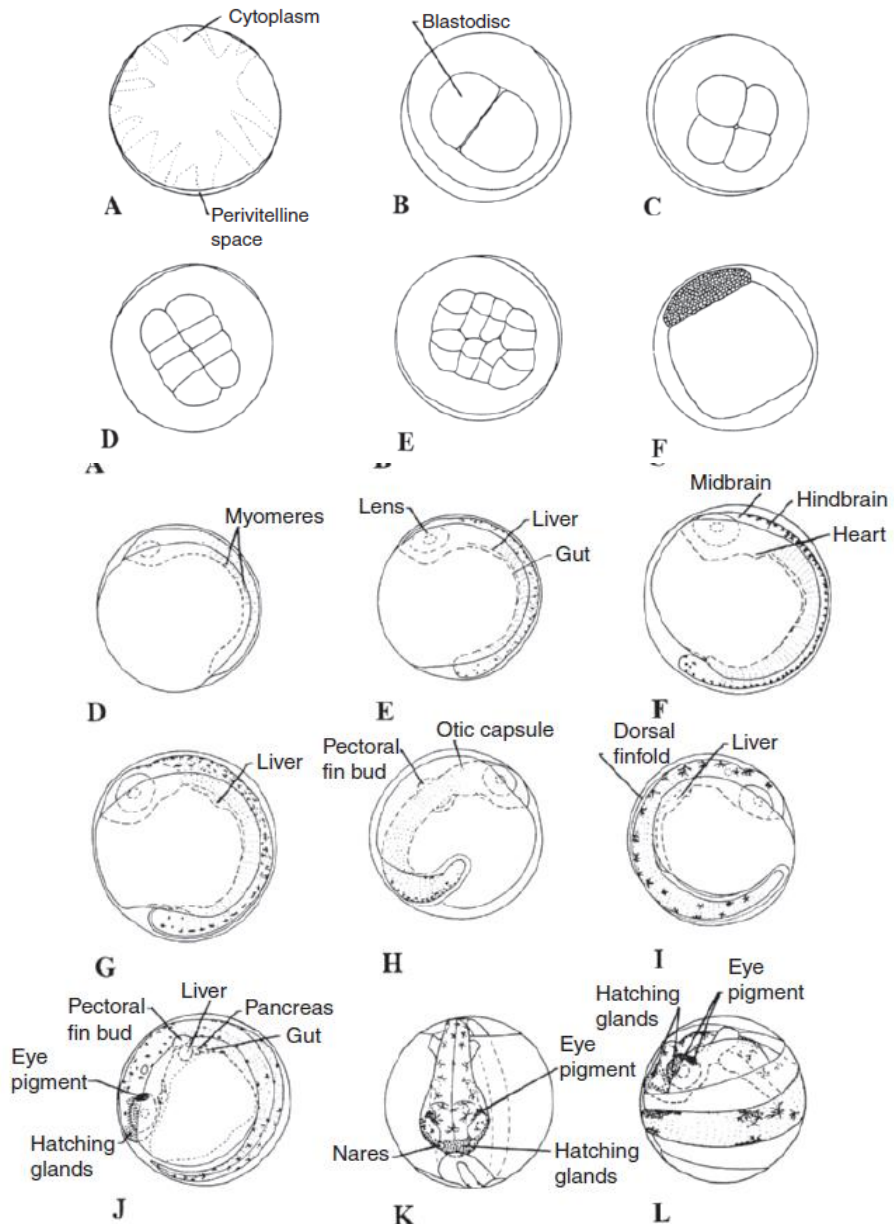
Adherido a vegetación



Desarrollo del huevo



Desarrollo del huevo



temprano

intermedios

tardío

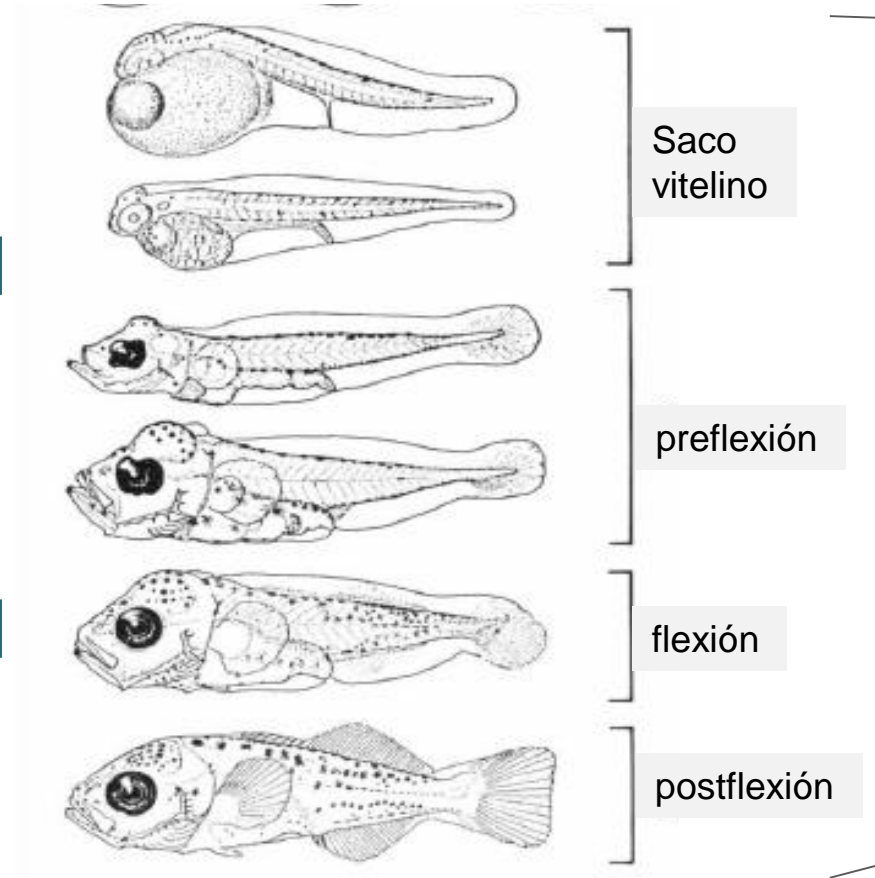
Eclosión

- Enzimas debilitan la membrana de la cápsula
- Los movimientos de la larva son mayores y rompen la cáscara



bacalao norte

Desarrollo de las larvas



Saco vitelino

preflexión

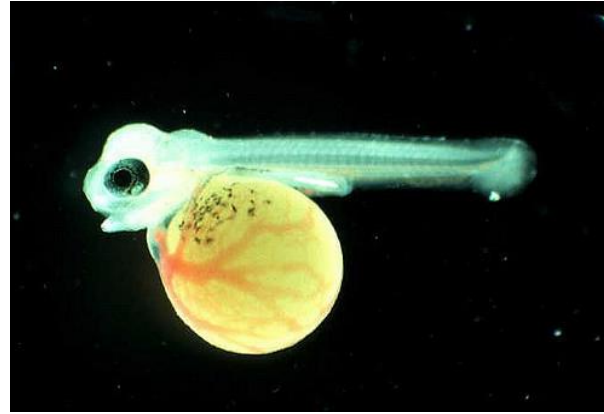
flexión

postflexión

larva

Larva con saco vitelino

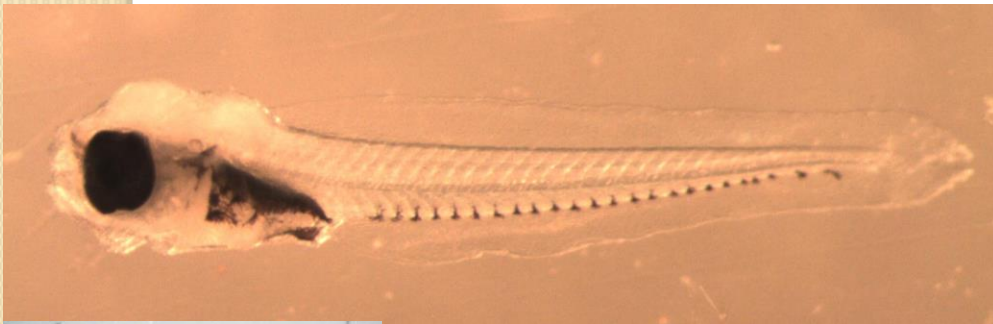
- Se nutre del vitelo (boca y aparato digestivo no funcionales)
- Nada muy poco (flotabilidad basada en saco vitelina y gota de aceite)
- Respiración cutánea, con mejor intercambio gaseoso que en el huevo



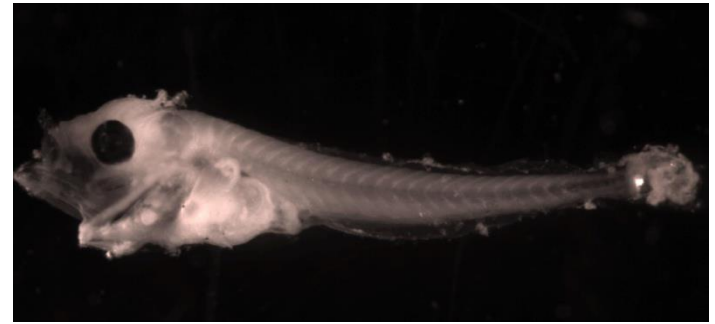
Hasta este momento depende de lo que heredó!!!
(efecto maternal)

Larva preflexión

- Se nutre capturando presas (boca funcional, sistema digestivo funcional)
- Nada poco, utiliza las aletas pectorales para posicionarse
- La respiración es cutánea
- Visión apta solo en ambiente luminoso
- Comienza a desarrollar de a poco su sistema sensorial y locomotor



Blenio



corvina



bagre

Los individuos son muy vulnerables!!!!

Video: pez cebra en preflexión

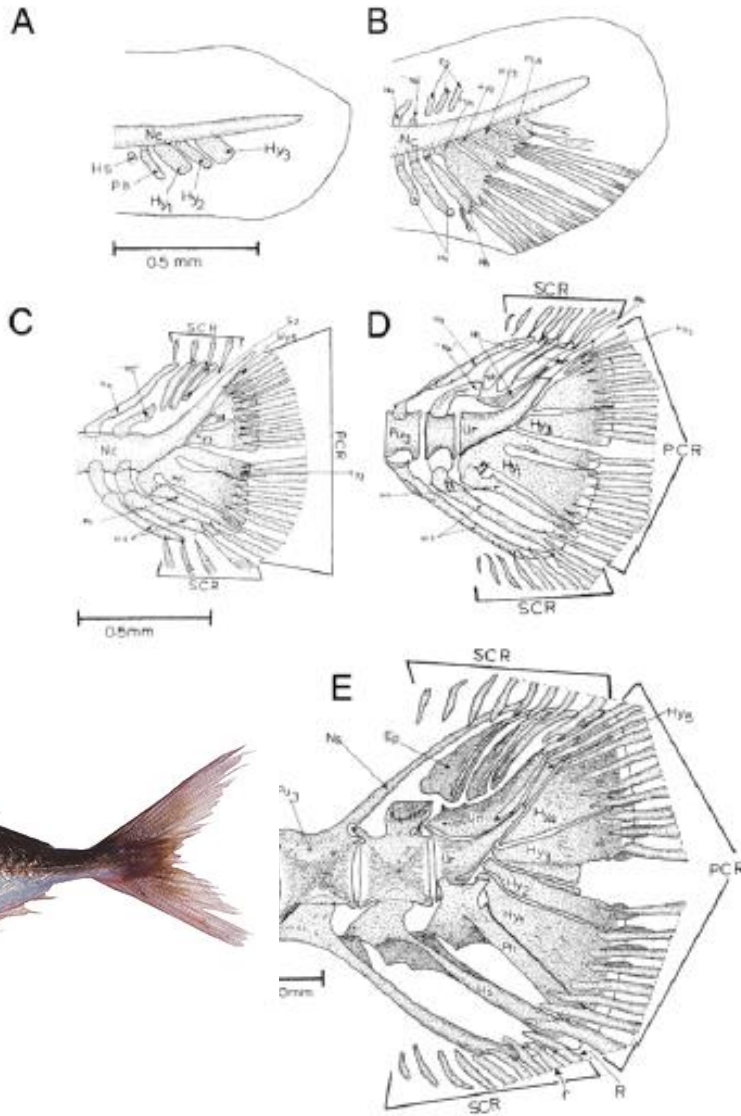


Larva en flexión

- Flexión de la notocorda
 - Desarrollo de los radios de las aletas
 - Mejora la habilidad del nado: nado continuo
 - Mejora la habilidad para alimentarse
 - Evita mejor a sus depredadores
- Desarrollo de la vejiga natatoria (mas flotabilidad y control vertical)
- Comienza la osificación de los radios y del esqueleto

Flexión de notocorda y formación de aleta caudal

Mayoría peces (ej. surel)



Flexión de notocorda y formación de aleta caudal

Mayoria peces (ej. surel)

Gadidae (ej. merluza)

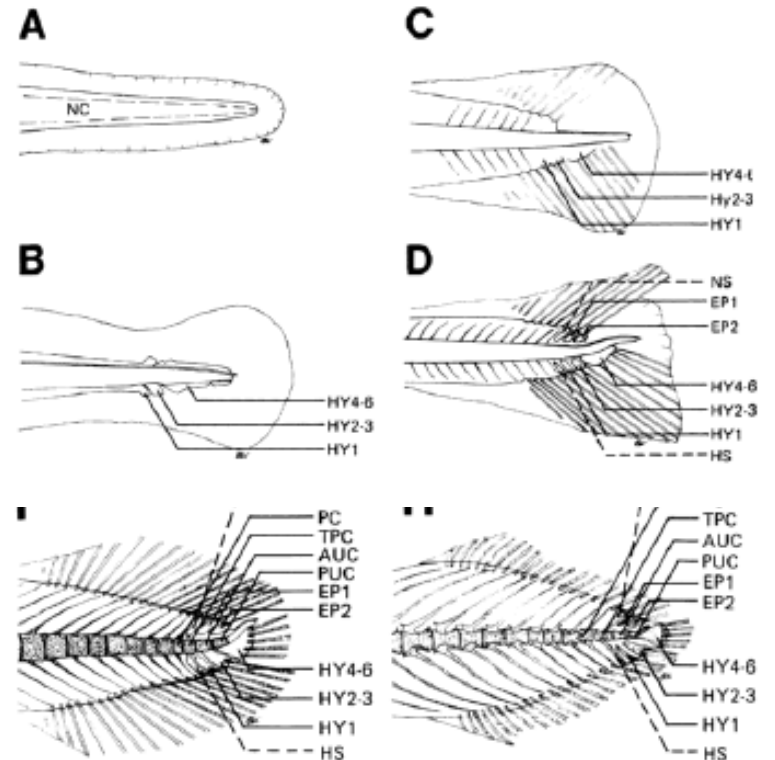
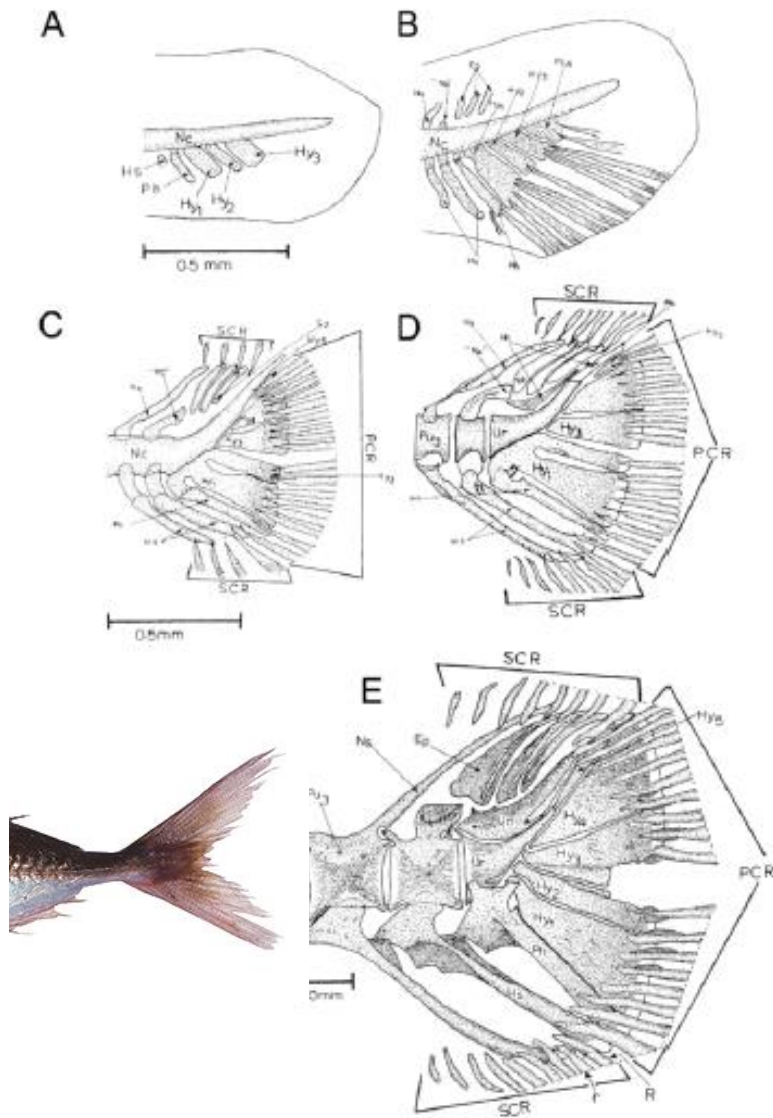
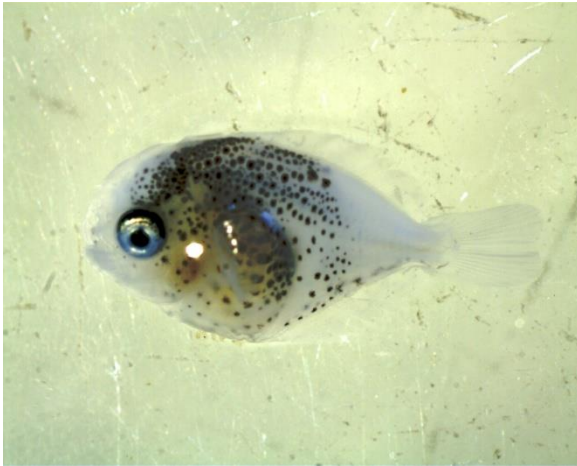


Figure 95. Development of the caudal fin of Gadidae. (Matarese et al., 1981)

Larva postflexión

- Se completa la formación de las aletas y la osificación del esqueleto
- Desarrollo visual le permite ver con poca luz
- Desarrollo de la línea lateral
- Cambia de respiración cutánea a la branquial



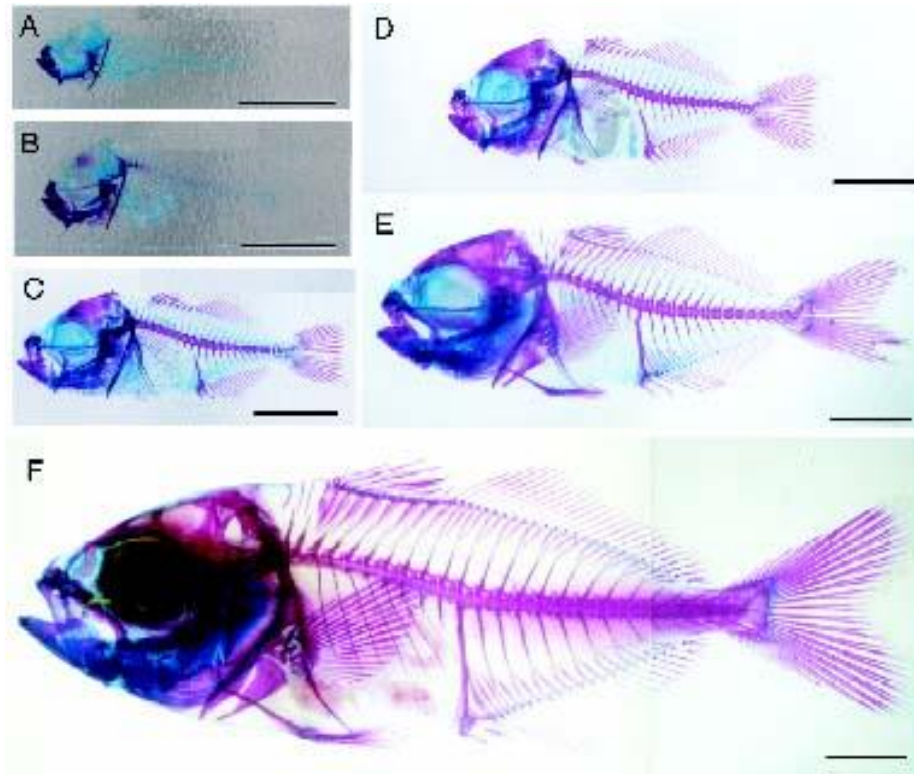
palometa



lengueta

Larva postflexión

- Se completa la formación de las aletas y la osificación del esqueleto



jurel (*Pseudocaranx dentex*)

Masuda 2009

Larva postflexión

- Desarrollo línea lateral

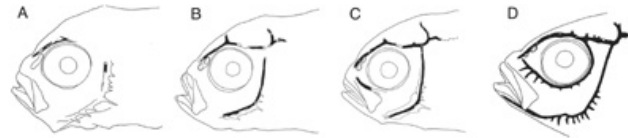


Fig. 8. Development of cephalic lateral lines in the striped jack. (A) 8.3 mm (20 dph), (B) 12.1 mm (25 dph), (C) 14.9 mm (30 dph) and (D) 33.4 mm (50 dph).

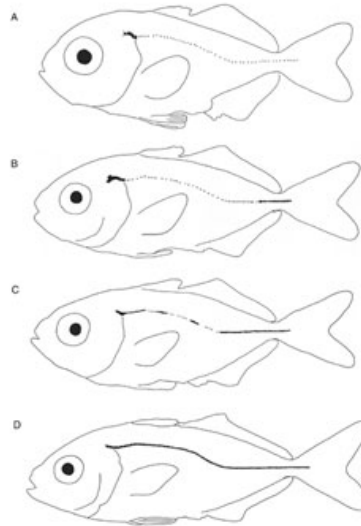


Fig. 9. Development of trunk lateral line canals in the striped jack. (A) 14.9 mm (30 dph), (B) 23.0 mm (35 dph), (C) 26.2 mm (37 dph) and (D) 30 mm (50 dph).

jurel (*Pseudocaranx dentex*)

Masuda 2009

Larva postflexión

- Desarrollo visión

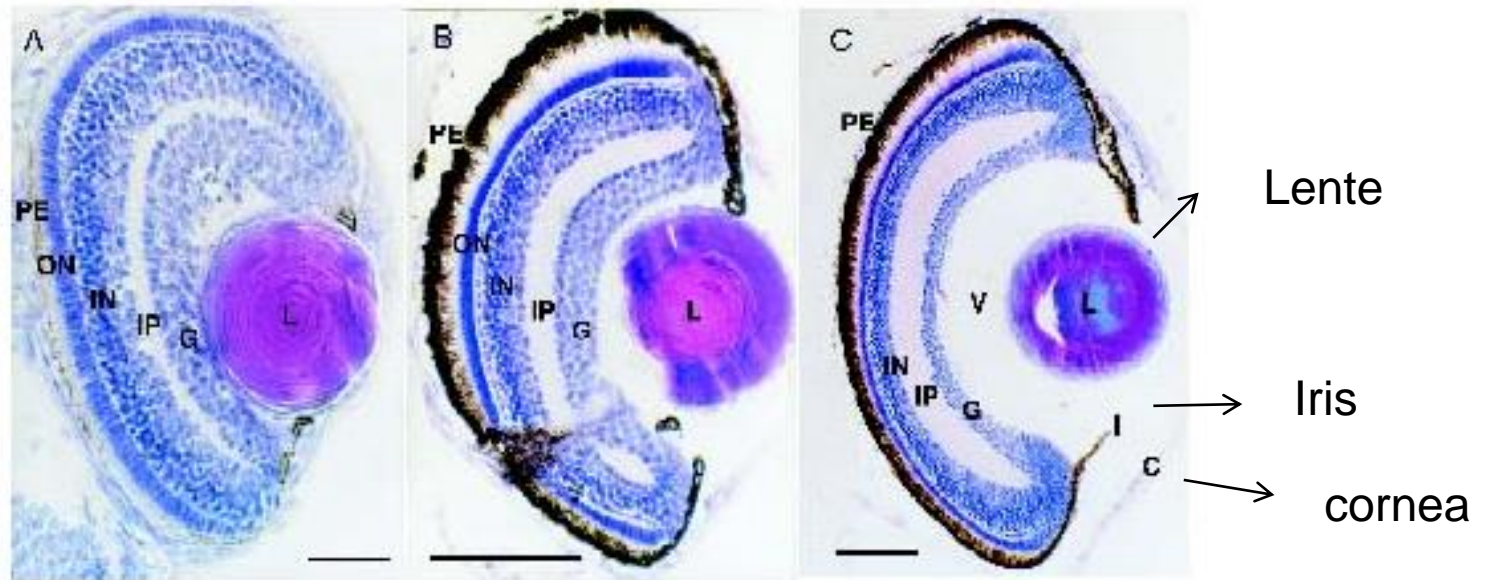


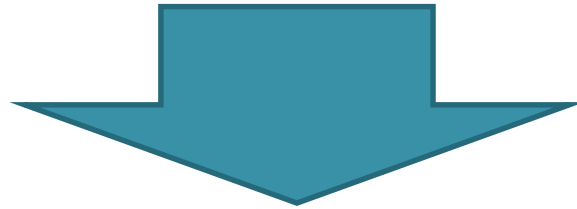
Fig. 7. Light microscopic images of the eye of (A) 3.4 mm (2 dph), (B) 3.5 mm (3 dph) and (C) 4.3 mm (10 dph) larvae of striped jack. C: cornea, G: ganglion layer, I: Iris, IN: inner nuclear layer, IP: inner plexiform layer, L: lens, ON: outer nuclear layer, PE: pigment epithelium, V: vitreous humor. Scale bars show (A) 20 μ m, (B) and (C) 50 μ m.

jurel (*Pseudocaranx dentex*)

Masuda 2009

Larva postflexión

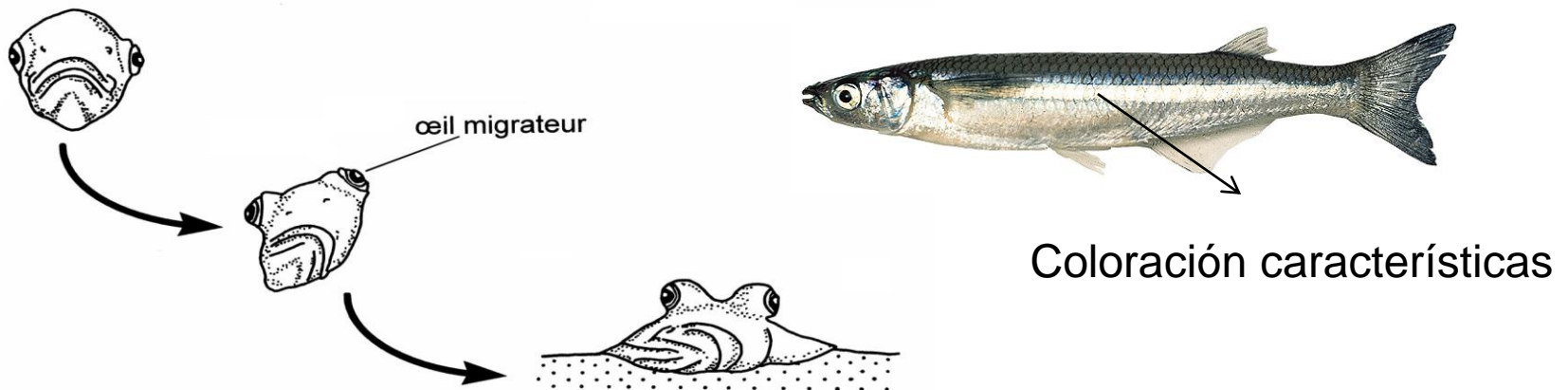
- Se completa la formación de las aletas y la osificación del esqueleto
- Desarrollo visual le permite ver con poca luz
- Desarrollo de la línea lateral
- Cambia de respiración cutánea a la branquial



Mayor movilidad, mayor interpretación del ambiente, mejora captura del alimento, y el escape a predadores

Metamorfosis/transformación

- Pasa a tener las características y forma del adulto (número total de radios, escamas, pigmentación característica, migración de ojos)
- Puede incluir cambios de hábitos
 - planctónico a demersal
 - planctónico a formación de cardumen
- Esta etapa puede ser corta o prolongarse en el tiempo



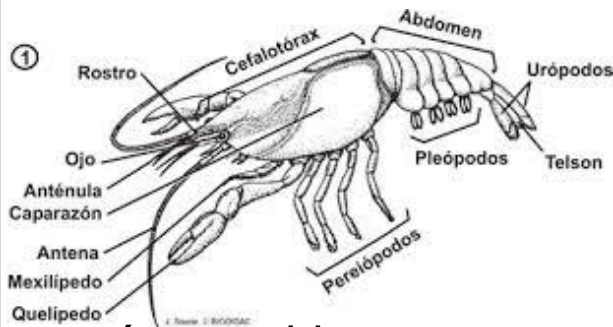
Juvenil

- Cuando termina estadio larval hasta la madurez sexual
 - Muchos van a aguas someras, migran a la costa, o a estuarios

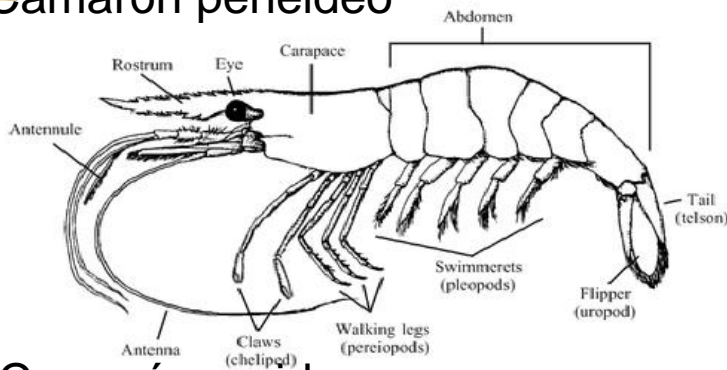


Crustáceos decápodos

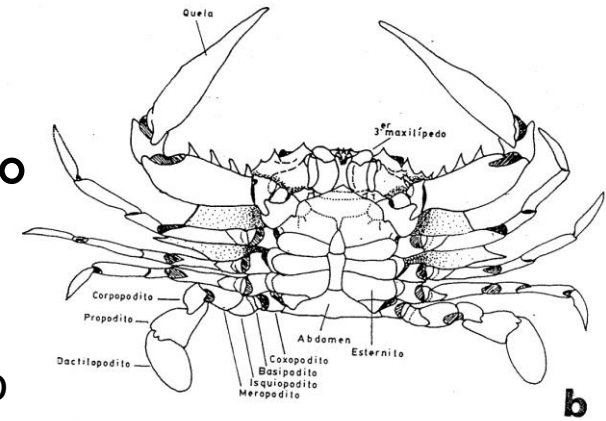
- Caparazón del cefalotorax fusionado y extendido lateralmente formando las cámaras branquiales
- 5 pares de patas en la región torácica (los 3 primeros funcionan como piezas bucales)
- Ojos compuestos pedunculados
- Presentan mudas que les permite ir creciendo
- El 90 % está en ambientes marinos



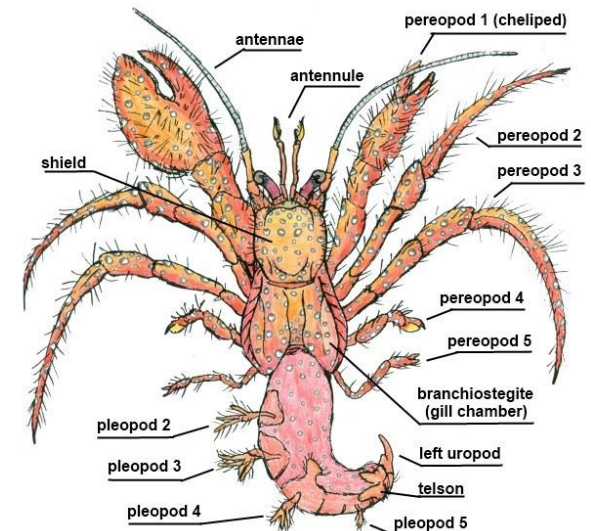
Camarón peneideo



Camarón carideo



cangrejo



Cangrejo ermitaño

Larvas de crustáceos decápodos

- Ciclo de muda (5 estados): postmuda, intermuda, premuda y ecdisis
- Existen cambios metabólicos, fisiológicos y morfológicos durante el ciclo de muda (depende de la temperatura, alimento, etc.)
- Desarrollo larval (apéndices, órganos)

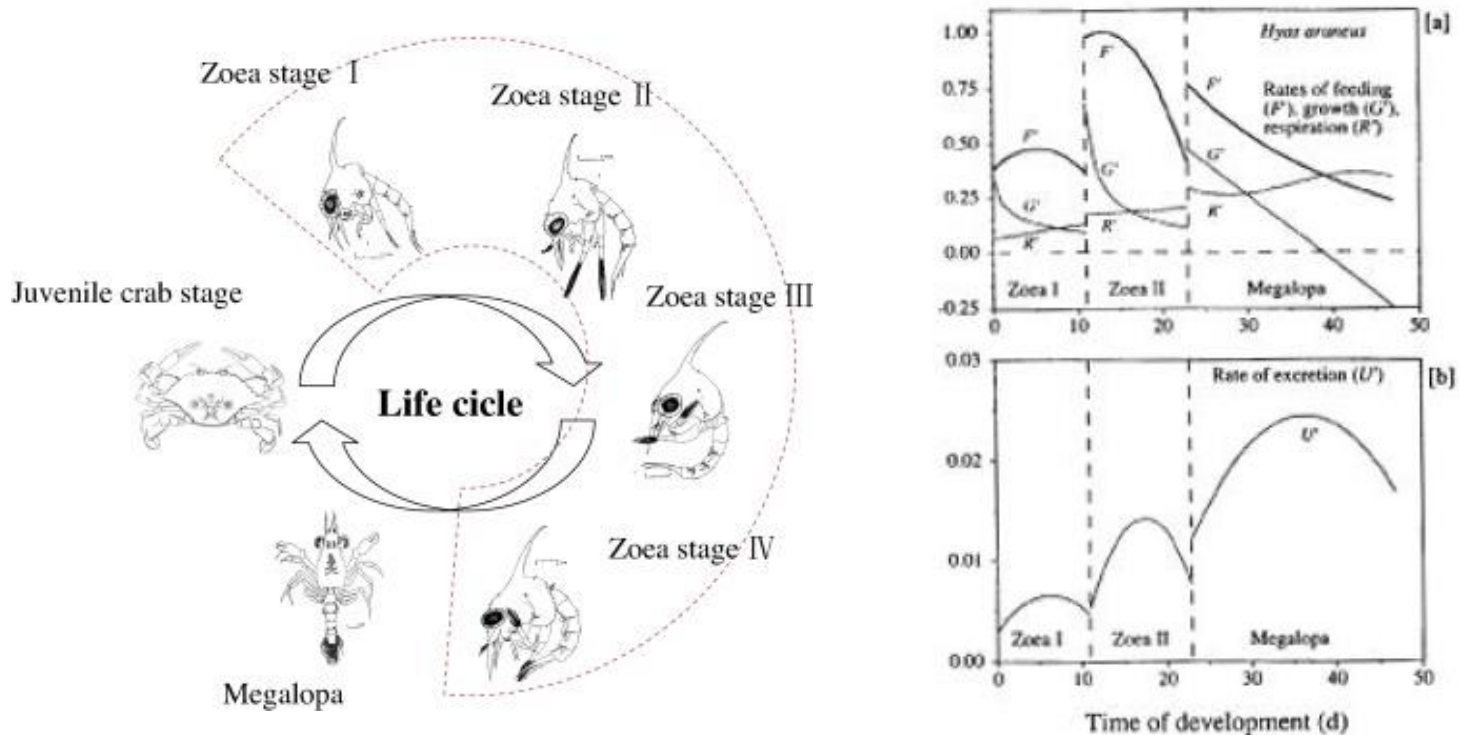


Figure 9.2. Daily rates of feeding, growth, respiration, and nitrogen excretion (all in units of energy, J) during the time of larval development in a spider crab, *Hyas araneus* (redrawn after Anger & Harms 1989).

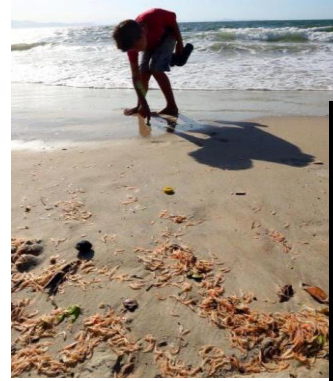
Crustáceos decápodos presentan 2 sub-ordenes



Dendrobranchiata:

Penaeoidea

Sergestoidea



Pleocyemata:

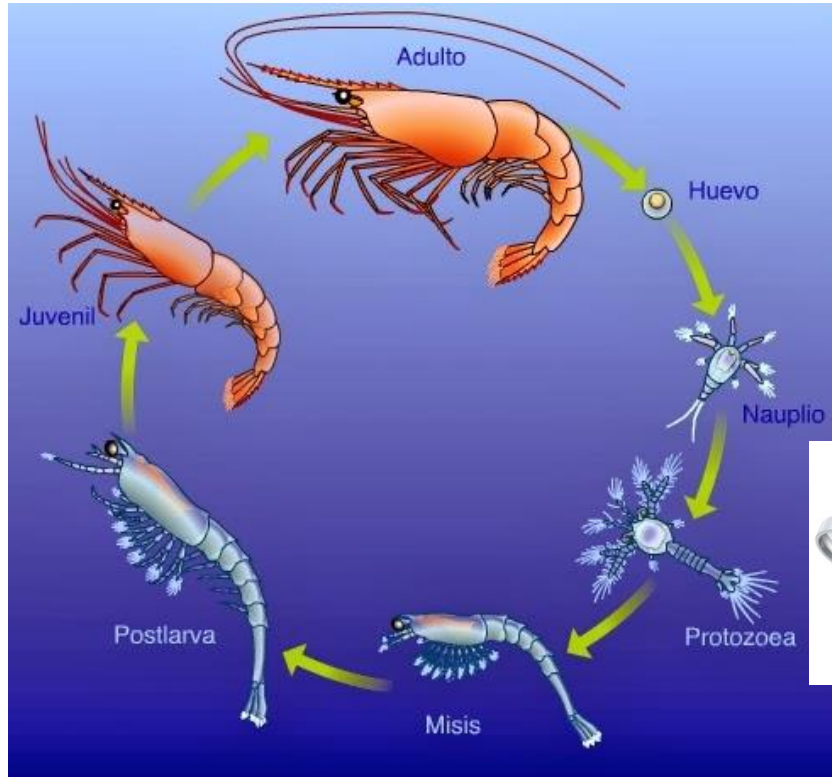
Brachyura

Anomura

Caridae



Ciclo vida de crustáceos decápodos: Camarones peneideos



mysis



- Presentan sexos diferenciados, con un par de gónadas y para su reproducción existe algún tipo de cortejo en el cual el macho le introduce un espermátforo a la hembra. Los huevos son liberados al ambiente donde eclosiona una larva escasamente desarrollada y planctónica. Los juveniles y adultos son bentónicos/nectónicos.

Ciclo vida de crustáceos decápodos: Camarones peneideos



Farfantepenaeus paulensis

Camarón rosado



Artemesia longinaris

Camarón estilete

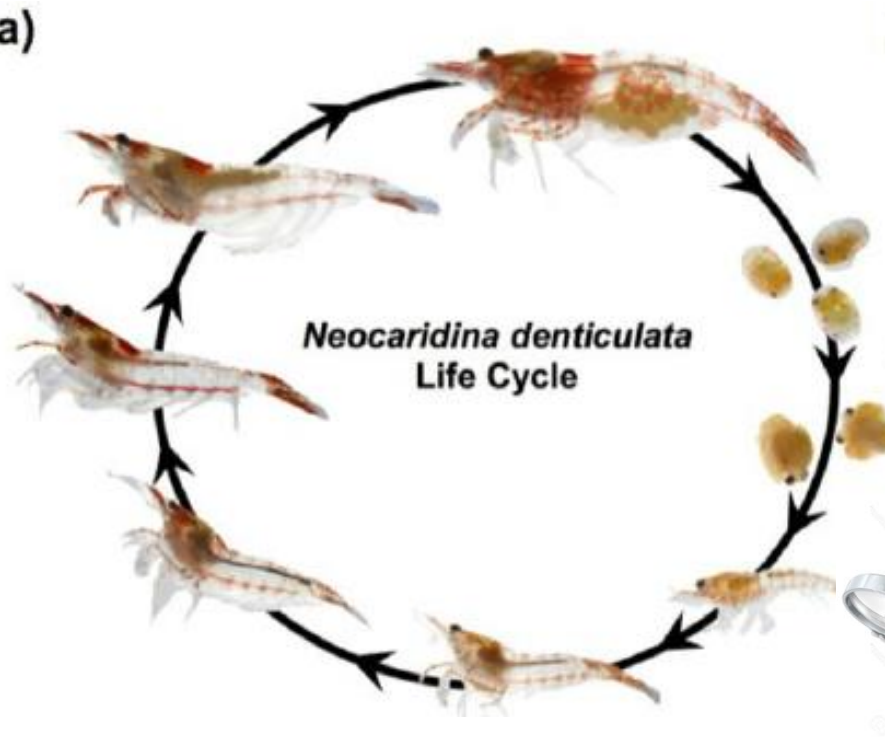


Pleoticus muelleri

langostino

Ciclo vida de crustáceos decápodos: Camarones carideos

a)

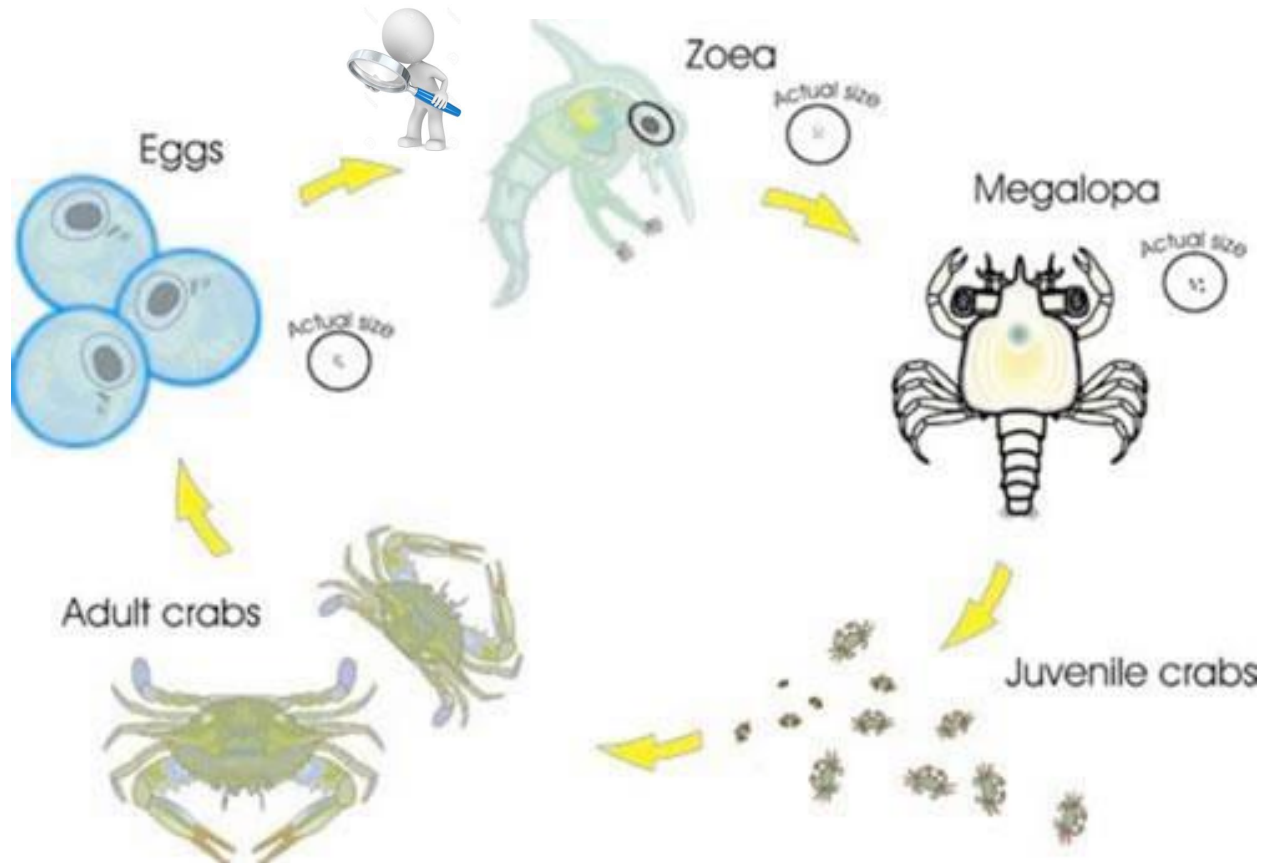


protozoa



Presentan sexos diferenciados, con un par de gónadas y para su reproducción existe algún tipo de cortejo en el cual el macho le introduce un espermátforo a la hembra. Los huevos son llevados por la hembra en el abdomen hasta que eclosiona y se liberan las larvas planctónicas. Los juveniles y adultos son bentónicos

Ciclo vida de crustáceos decápodos cangrejo



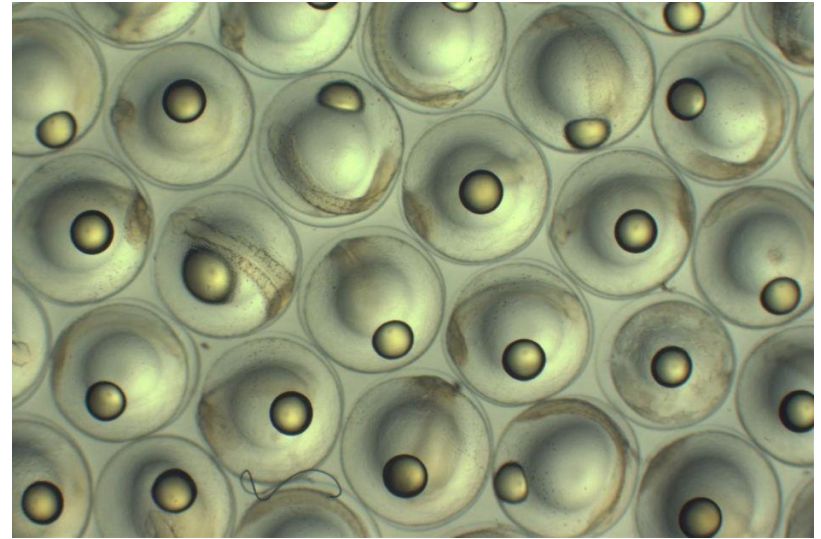
Bento-Pelágico

Ciclo vida de crustáceos decápodos: cangrejo

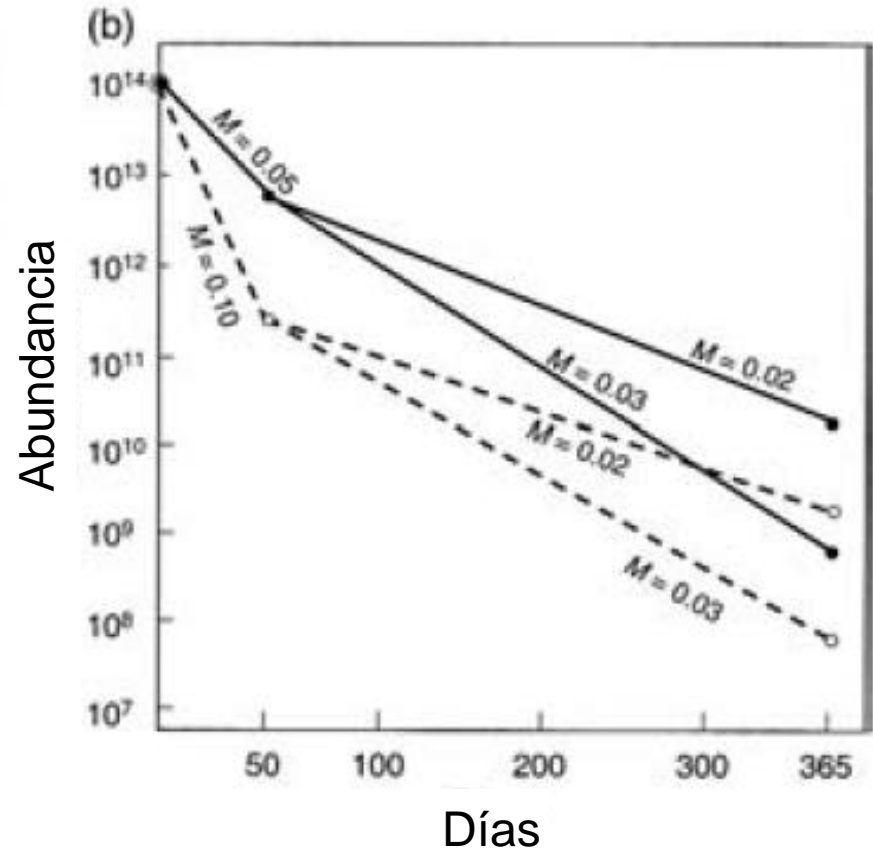
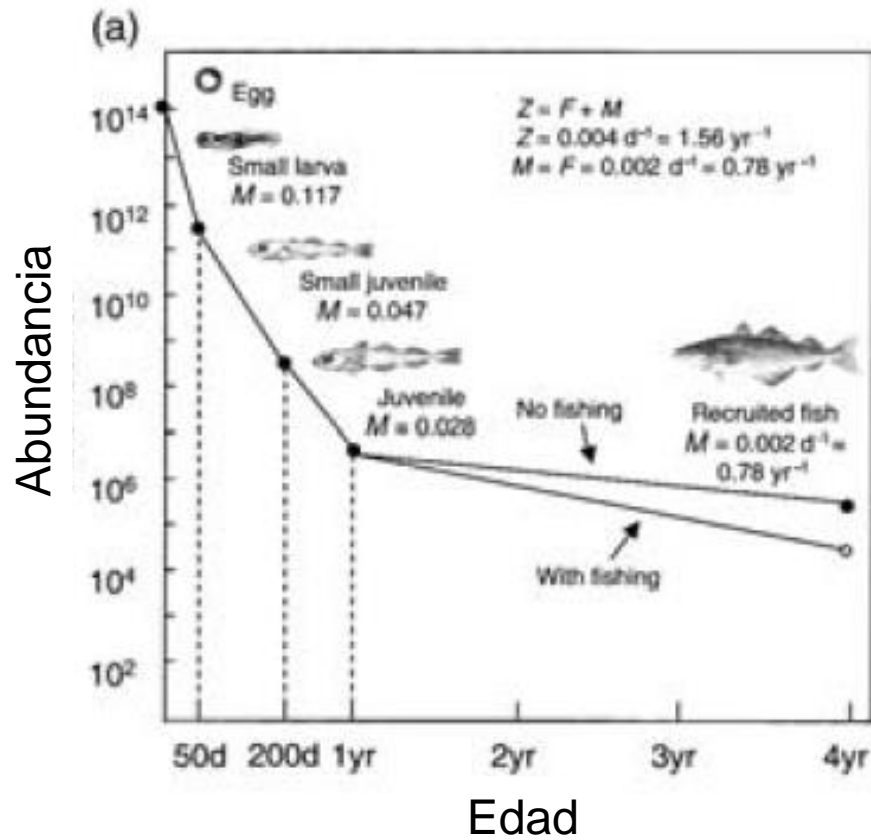
La mayoría de los cangrejos brachyura presentan sexos diferenciados, con un par de gónadas y para su reproducción existe algún tipo de cortejo en el cual el macho le introduce un espermatóforo a la hembra. La fecundación ocurre después y la hembra acarrea los huevos en el abdomen hasta que eclosionan y se libera las larvas



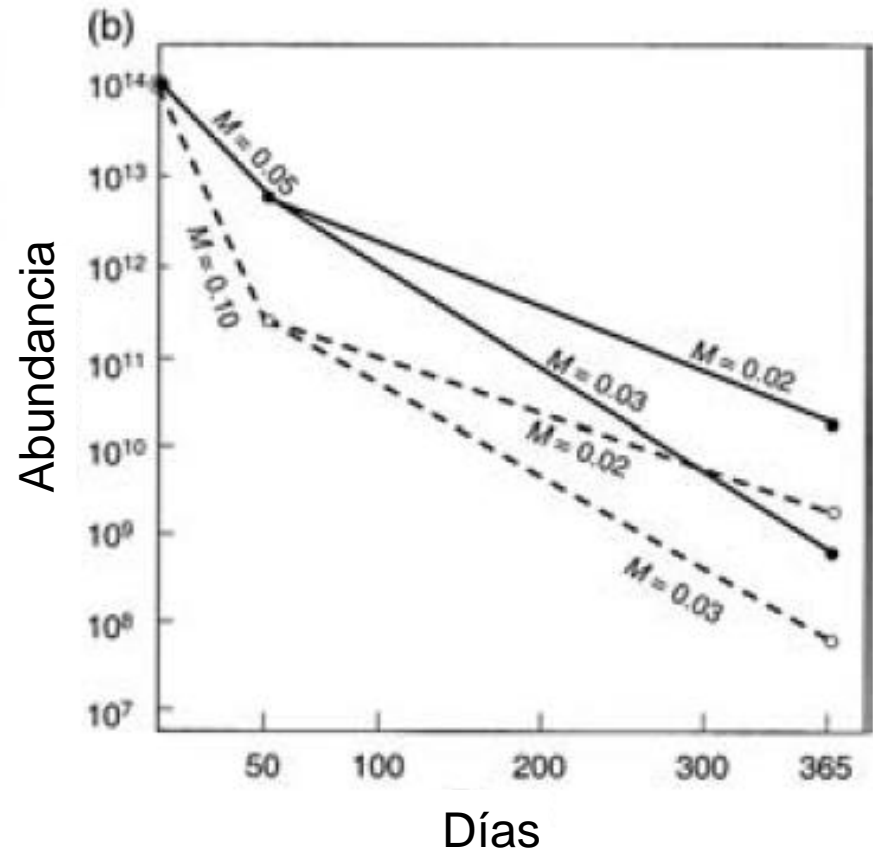
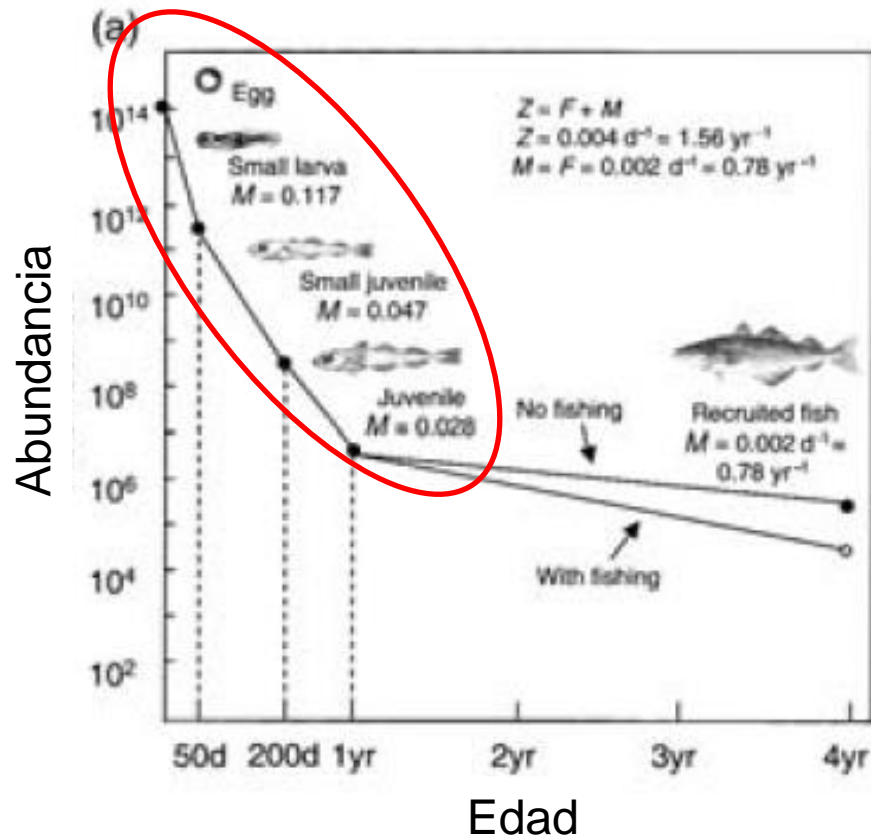
Implicancias ecológicas de la presencia de estadios larvales de vida libre



Implicancias ecológicas de la presencia de estadios larvales de vida libre

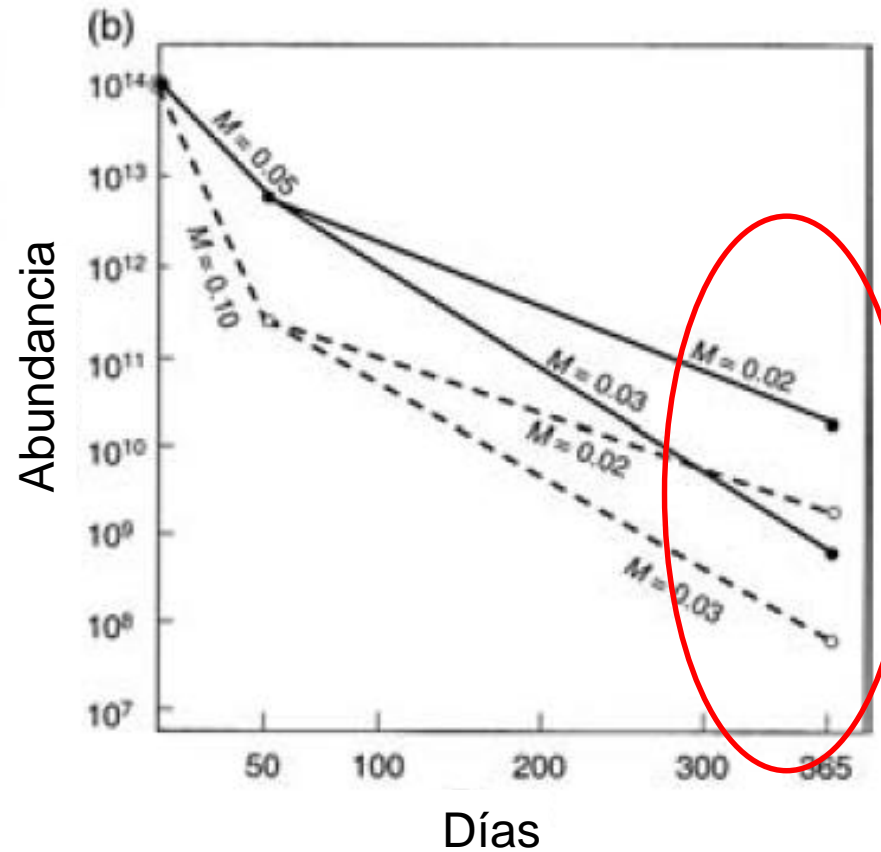
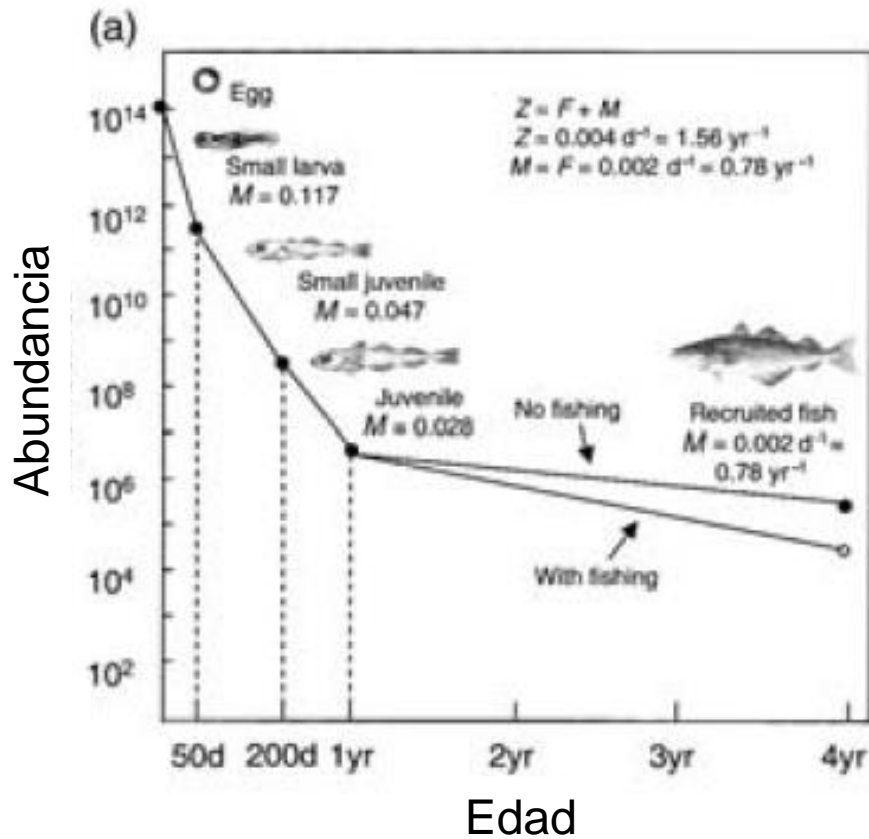


Implicancias ecológicas de la presencia de estadíos larvales de vida libre



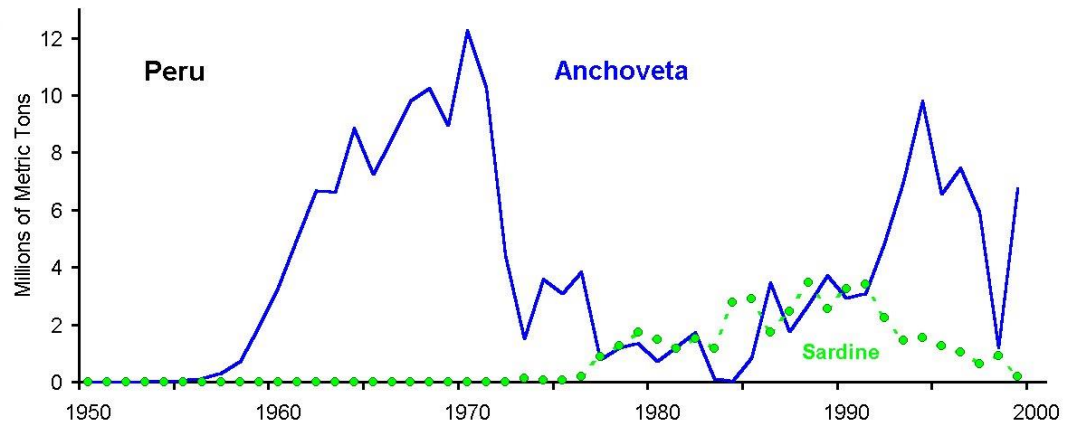
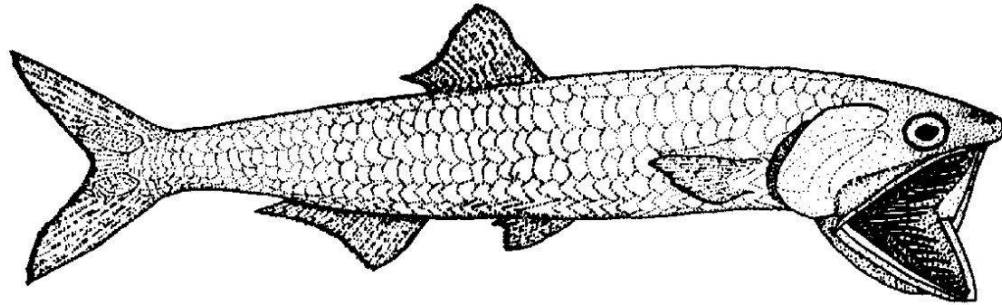
Gran mortalidad en estadíos tempranos

Implicancias ecológicas de la presencia de estadíos larvales de vida libre

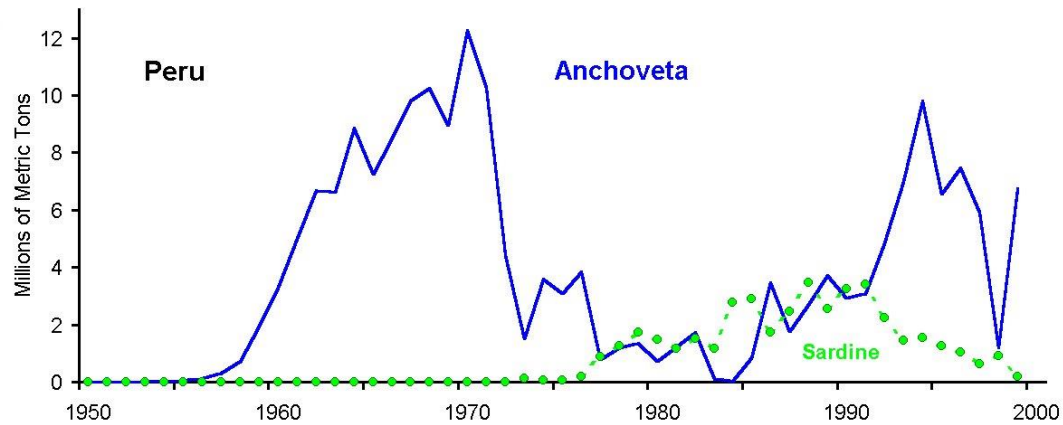
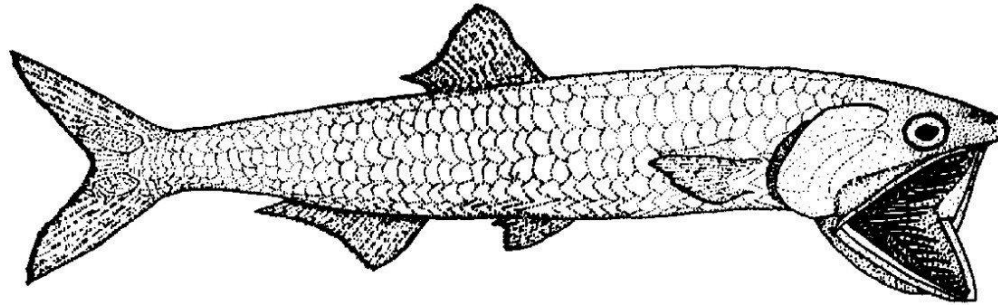


Pequeñas variaciones en Mortalidad, gran variación en Abundancia

Fluctuación natural en poblaciones



Fluctuación natural en poblaciones



En 1914 se establece que esas fluctuaciones se debe en gran medida a los procesos que ocurren en los estadíos temprano (Hjort 1914)

Implicancias ecológicas de la presencia de estadios larvales de vida libre



pesquerías



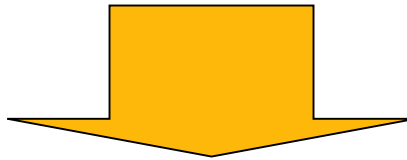
acuicultura

La sobrevivencia de los estadios tempranos es crucial para el éxito y mantenimiento de pesquerías y para el cultivos de peces

Sobrevivencia de larvas de peces y decápodos

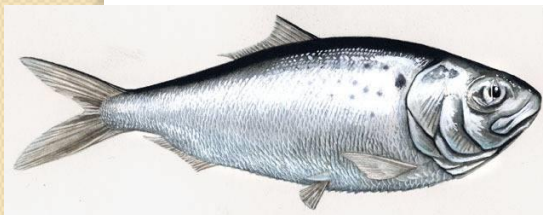
FACTORES QUE INCIDEN EN LA SOBREVIVENCIA:

- Alimentación: coincidencia espacio-temporal con sus presas
- Predación: período prolongado en la fase larval pelágica aumenta el riesgo de predación
- Dispersión: transporte hacia lugares favorables/desfavorables



EFFECTOS EN RECLUTAMIENTO

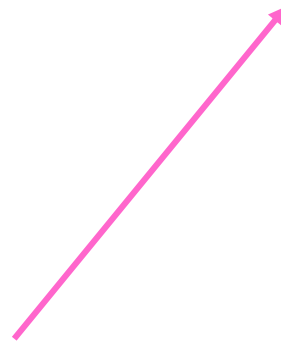
Alimentación



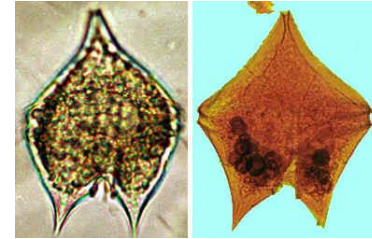
endógena



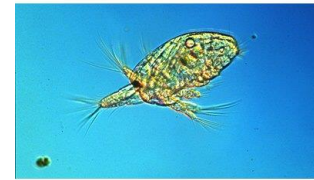
exógena



Tipo y tamaño (50-500 μm)
del alimento:



fitoplancton



zooplancton

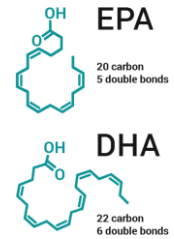
Omnívoros, piscívoros, planctívoros
(partículas de mayor tamaño)

(Rodríguez-Graña et al 2005, Pepin & Penney 1997)

* La alimentación cambia con la ontogenia

Alimentación

Calidad del alimento también es necesario para una óptimo desarrollo larval



Ácidos grasos esenciales altamente insaturados (HUFA)

- Estudios experimentales indican que una dieta rica en HUFA aumentan la sobrevivencia larval

ácido docosahexanoico (**DHA**, 22:6n-3)

ácido α linolénico (**EPA**, 20:5n-3)

ácido araquidónico (**AA**, 20:4n-6)

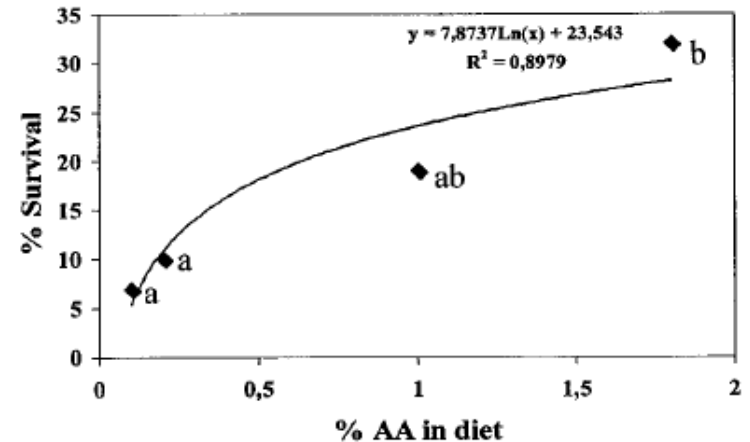


Figure 4. Effect of dietary arachidonic acid levels on survival of larval gilthead seabream (Bessonart et al. 1999).

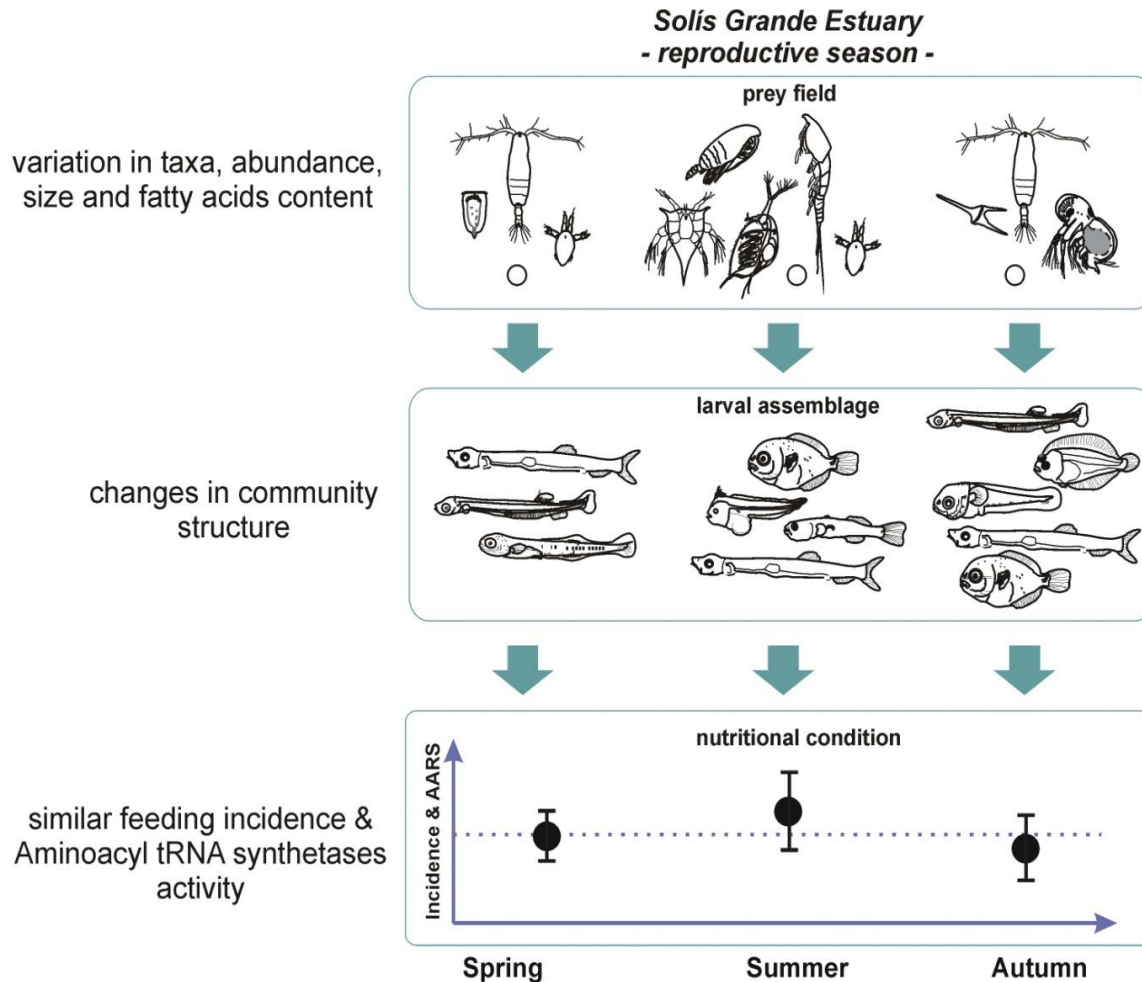
Es importante la proporción de los AGE

- Dieta con mayor DHA/EPA: mayor crecimiento larval

Bell y Sargent 1992, Salhi 1997, Bessonart et al. 1999, St John et al. 2000

Alimentación

Calidad vs cantidad



La condición nutricional en larvas de peces es similar en primavera, verano y otoño debido a la complementariedad entre diversidad, abundancia y calidad de las presas

Machado et al 2017

Alimentación

Tipo y tamaño del alimento:
50-1000 μm

H
U
E
V
O
S

Y

L
A
R
V
A
S

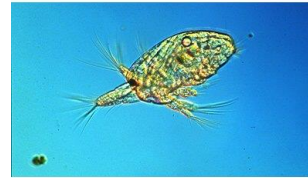
A
D
U
L
T
O
S



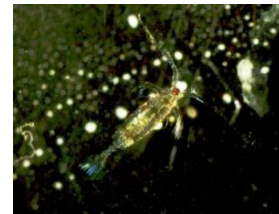
endógena



exógena



zooplancton



exógena

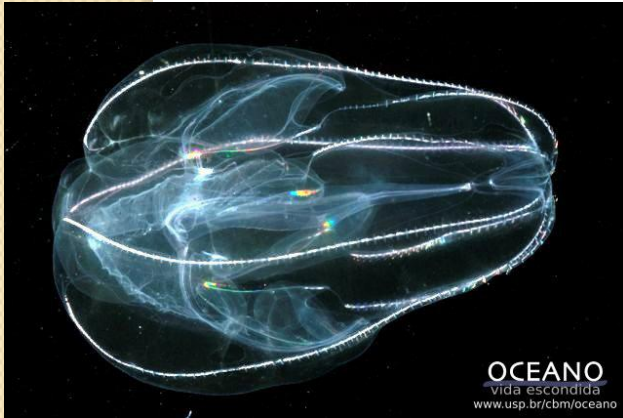


Omnívoros (partículas de mayor tamaño)



* La alimentación cambia con la ontogenia

Predación



ctenoforos



Juveniles y adultos de peces



quetognatos



medusas



eufausido



aves



Detection of anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns 1842) eggs in euphausiid diets using immunoassays (ELISA)

M. Cristina Krautz^{a,*}, Margarita González^b, Leonardo R. Castro^a



Euphausia mucronata

18% de los eufausidos analizados
contenían proteína de huevos
anchoveta

Evidencia de predación in situ!!

Predación



- Predación en huevos: Tamaño-dependiente
- Predación en larvas: tamaño y tasa de crecimiento dependiente



Predadores son selectivos con el tamaño

- Cuando los individuos crecen y se desarrollan, la habilidad de nado, detección de la presa y conducta de escape mejoran

Predación



- Predación en huevos: Tamaño-dependiente
- Predación en larvas: tamaño y tasa de crecimiento dependiente



Predadores son selectivos con el tamaño

- Cuando los individuos crecen y se desarrollan, la habilidad de nado, detección de la presa y conducta de escape mejoran

Esta hipótesis no excluye deficiencias en la nutrición

Predación

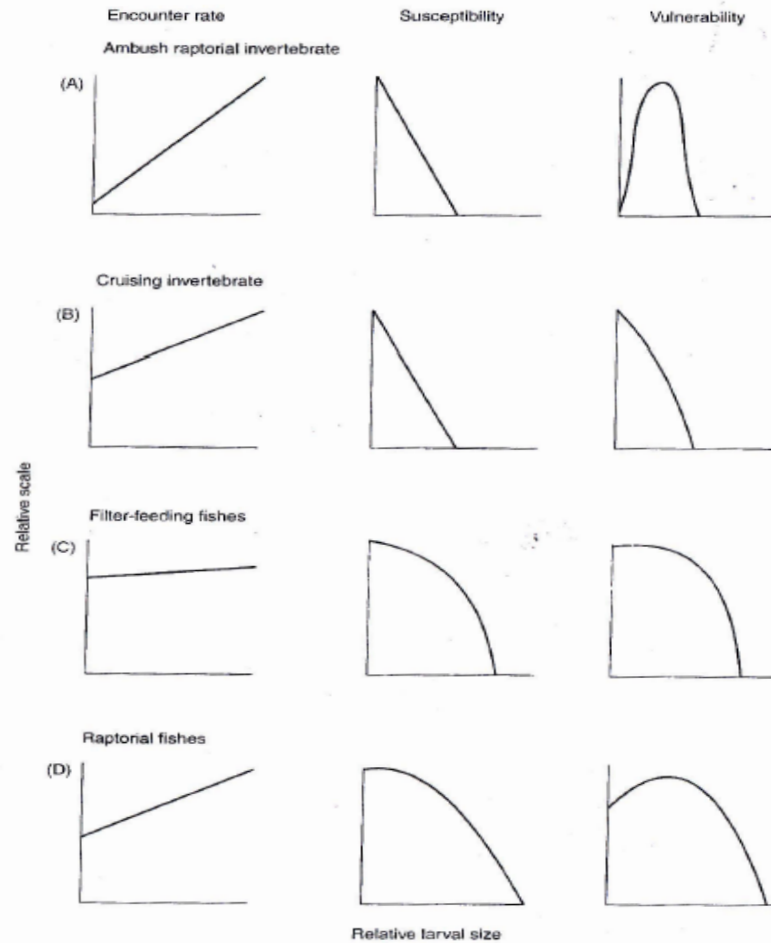
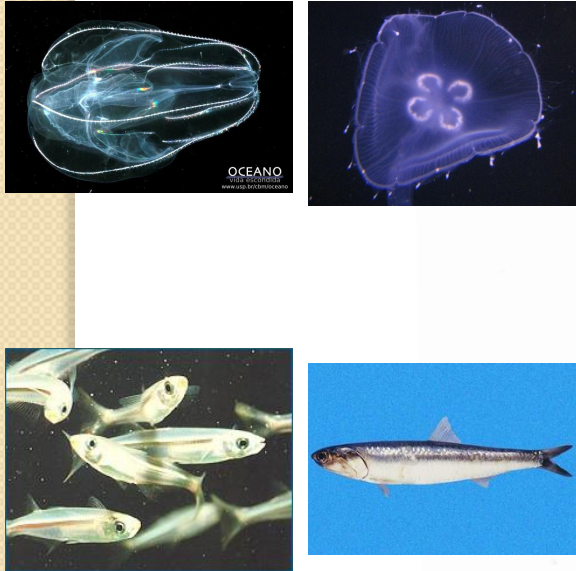
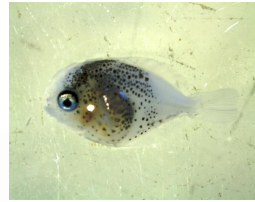


Figure 3 Conceptual models showing relative encounter rates, susceptibility, and vulnerability of fish larvae to different predator types. (Reproduced with permission from Bailey KM and Houde ED, 1989.)

- Tasa de encuentro, susceptibilidad y vulnerabilidad (relacionado a cambios ontogenéticos)

Predación

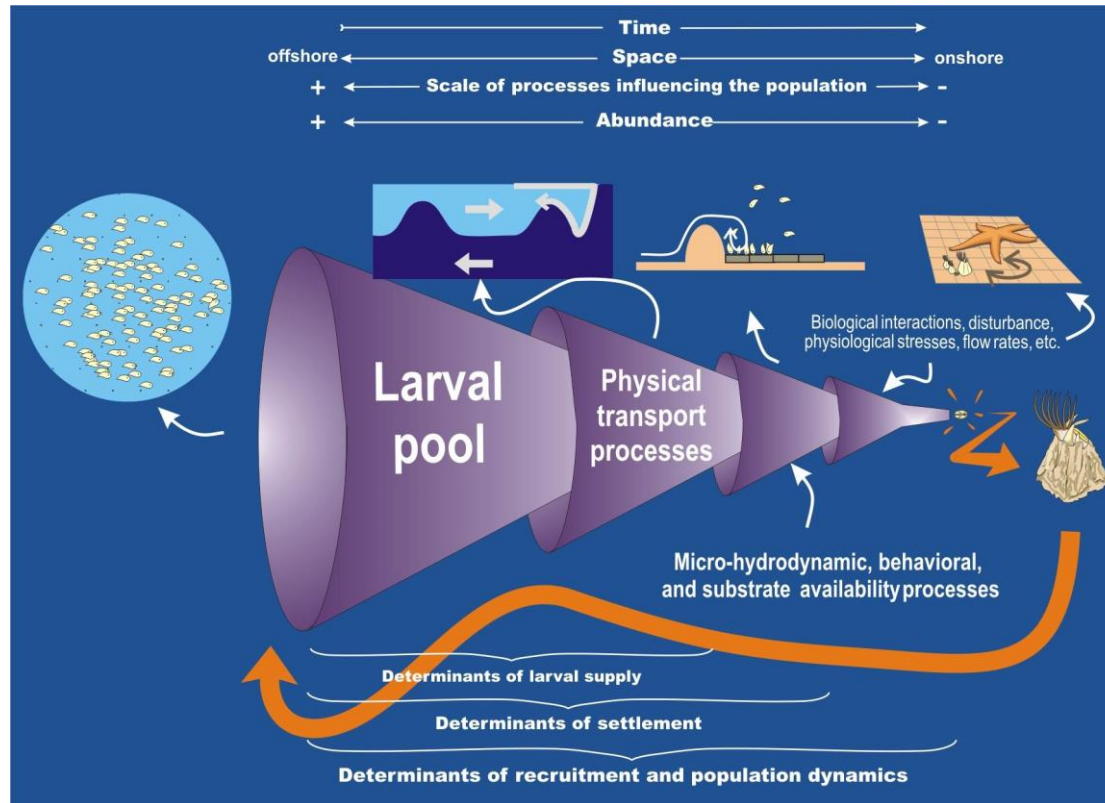


- Hipótesis de duración del estadio

Table 4.1 Hypothetical recruitment of young fish under one “good” and three possible “bad” conditions, the latter represented by 25% changes in mortality or growth rates (as age at metamorphosis). Recruitment is defined here as the number of survivors at the end of the larval stage (data from Houde 1987).

Condition	Initial number in cohort	Instantaneous mortality (Z , day^{-1})	Age at metamorphosis (day)	Number of recruits
Good	1×10^6	0.100	45.0	11 109
Bad-1	1×10^6	0.125	45.0	3607
Bad-2	1×10^6	0.100	56.2	3625
Bad-3	1×10^6	0.125	56.2	889

Transporte larval y dispersión

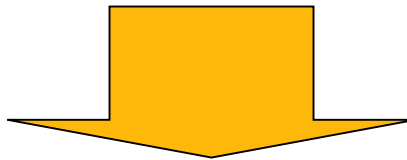


- Existen diferencias espaciales entre las áreas de desove y de cría por lo que los procesos físicos + comportamentales determinan el éxito en el reclutamiento
- Self-recruitment: capacidad de los individuos de volver al mismo lugar de origen

Sobrevivencia de larvas de peces y decápodos

FACTORES ANTRÓPICOS QUE INCIDEN EN LA SOBREVIVENCIA:

- Contaminación: Efectos letales o subletales en los estadíos tempranos
- Cambio climático: Desacoplamiento de los ciclos de producción



EFFECTOS EN RECLUTAMIENTO

RECLUTAMIENTO

Sobrevivencia

Mortalidad



ALIMENTACIÓN

DISPERSIÓN

PREDACIÓN

CAMBIO CLIMÁTICO

CONTAMINACIÓN

Factores que regulan la sobrevivencia larval (peces e invertebrados)

RECLUTAMIENTO

Sobrevivencia

Mortalidad

Estos factores están asociados a diferentes procesos físicos que actúan a diferentes escalas espacio-temporales

ALIMENTACIÓN

(tema de la próxima clase)

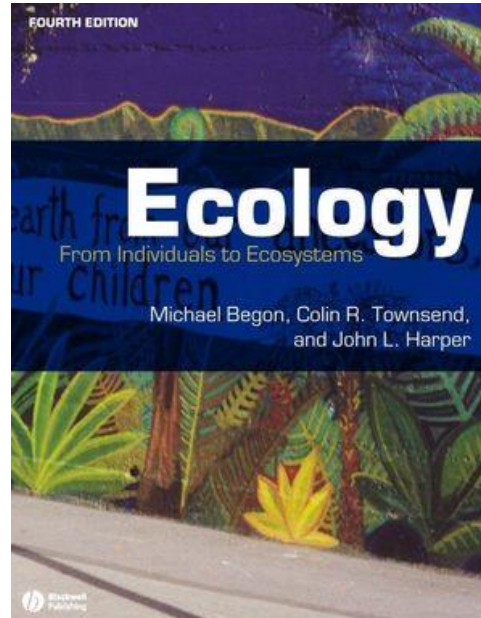
CONTAMINACIÓN

CAMBIO CLIMÁTICO

CONTAMINACIÓN

Factores que regulan la sobrevivencia larval (peces e invertebrados)

Bibliografía



Begon 2005. Capítulo 4: Life, dead, and life history.
Ecology: From Individuals to Ecosystems.
(Hay una version en español)

Bibliografía

LARVAE OF DECAPOD
CRUSTACEA

ROBERT GURNEY, B.A., B.Sc., Ph.D.

LONDON
PRINTED FOR THE BAZ HACKETT
WITH AN
INTRODUCTION BY
D. G. H. COLLIER, F.R.S.
1962

Robert Gurney



Klaus Anger



Fuiman & Werner