

INDICE:

CAPITULO 1. REPRODUCCION	4
1. FORMAS DE REPRODUCCION CELULAR.....	4
1.1. Bipartición.....	4
1.2. Gemación.....	5
1.3. División múltiple.....	5
2. LA MITOSIS.....	5
2.1. Profase.....	5
2.2. Metafase.....	5
2.3. Anafase.....	5
2.4. Telofase.....	5
3. LA MEIOSIS.....	6
4. TIPOS DE REPRODUCCION.....	7
4.1. Reproducción asexual.....	7
4.1.1. Escisión.....	7
4.1.2. Gemación.....	7
4.1.3. Esporas.....	7
4.2. Reproducción sexual.....	7
4.2.1. Fecundación.....	7
4.2.2. Parthenogénesis.....	8
4.2.3. Conjugación.....	8
5. LA REPRODUCCION EN LOS PECES.....	8
Capitulo 2. ESTRUCTURA Y DESARROLLO DE LAS GONADAS. GAMETOGENESIS. REGULACION HORMONAL DE LOS PROCESOS REPRODUCTIVOS	10
1. EL TESTICULO.....	10
2. EL OVARIO.....	11
2.1. Tipos de ovarios.....	12
3. REGULACION HORMONAL DE LOS PROCESOS REPRODUCTIVOS.....	12
3.1. Glándula pineal.....	13
3.2. Hipotálamo.....	13
3.3. Hipófisis.....	13
3.4. Gónadas.....	13
4. HORMONAS QUE ACTUAN EN EL PROCESOS REPRODUCTIVO.....	13
4.1. Hormonas liberadoras.....	13
4.2. Hormonas inhibidoras.....	13
4.3. Gonadotropinas.....	13
4.4. Esteroides.....	14
4.5. Ferohormonas.....	14
CAPITULO 3. ESTRUCTURA DE LOS GAMETOS. FECUNDACION Y DESARROLLO EMBRIONARIO	16
1. EL ESPERMATOZOIDE.....	16
1.1. Forma y estructura.....	16
1.2. Viabilidad.....	16
2. EL HUEVO.....	17
2.1. Forma y estructura.....	17
2.2. Viabilidad.....	17
3. FECUNDACION.....	18
3.1. Fecundación interna.....	18
3.2. Fecundación externa.....	18
4. FASES DEL DESARROLLO EMBRIONARIO.....	18
4.1. Fase de división.....	18
4.1.1. Formación de la Mórula.....	18
4.1.2. Formación de la Gástrula.....	19
4.2. Fase embrionaria.....	19
4.2.1. Neurulación.....	19
4.2.2. Preclosión.....	19
4.3. Eclósión.....	19

5. DURACION DE LAS FASES DE LA EMBRIOGENESIS.....	20
CAPITULO 4. MANEJO DE LOS REPRODUCTORES EN LA PISCIFACTORIA	22
1. ORIGEN.....	22
2. TALLA.....	22
3. TRANSPORTE A LA PISCIFACTORIA.....	23
4. ESTABULACION.....	23
4.1. Separación por sexos	23
4.2. Desparasitado	23
4.3. Marcaje	23
4.4. Stock de reproductores	23
4.5. Los tanques de estabulación	24
4.5.1. Materiales y medidas.....	24
4.5.2. Situación.....	24
4.5.3. Distribución del agua.....	24
4.5.4. Aireación.....	24
4.5.5. Desagües.....	24
5. ALIMENTACION.....	24
6. CUIDADOS Y MANEJO DE LOS REPRODUCTORES.....	25
CAPITULO 5. OBTENCION DE PUESTAS	27
1. PUESTA NATURAL.....	27
2. MASAJE ABDOMINAL.....	27
3. INDUCCION HORMONAL.....	28
4. CONTROL DEL FOTO Y TERMOPERIODO.....	28
4.1. Lubina	28
4.2. Dorada	28
4.3. Rodaballo	28
4.4. Lengüado	29
5. CALIDAD DE LAS PUESTAS.....	29
5.1. del esperma	29
5.2. del huevo	29
CAPITULO 6. INCUBACION	32
1. INCUBACION EN PECES DE AGUA DULCE.....	32
2. INCUBACION EN PECES MARINOS.....	32
3. TIPOS DE INCUBADORES PARA PECES MARINOS.....	32
3.1. Incubador estático	33
3.2. Incubador tipo 'upwelling'	33
3.3. Incubador motorizado	33
4. INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES.....	35
4.1. Oxígeno	35
4.2. Temperatura	35
4.3. Salinidad	35
4.4. Choques mecánicos	35
5. TRANSPORTE DE HUEVOS EMBRIONADOS.....	34
TERMINOS DEL TEXTO RECOGIDOS EN EL GLOSARIO	36

1

Reproducción

Con el concepto de reproducción se expresan los mecanismos desarrollados por todos los seres vivos para perpetuar su especie y reemplazar los individuos que se mueren por otros nuevos.

Desde este punto de vista todas las especies de seres vivos -desde los más sencillos, unicelulares, a los más complejos, ya sean vegetales o animales - se reproducen. LA REPRODUCCION ES UNA FUNCION ESENCIAL DE LOS SERES VIVOS.

1 FORMAS DE LA REPRODUCCION CELULAR

Es conveniente, antes de ver como se reproducen los individuos pluricelulares, estudiar como se multiplican las células.

Es conocido que en casi todas las células se distinguen, desde un punto de vista estructural y a grandes rasgos, tres elementos bien diferenciados: Membrana, citoplasma y núcleo, que contiene la práctica totalidad del material genético.

Por lo general una célula se divide en dos o más trozos que, tras una fase de crecimiento, darán lugar a dos o más células hijas. Atendiendo al modo y resultados finales de esa división se suelen distinguir tres tipos de mecanismos:

1.1. BIPARTICION

En la división celular por bipartición la célula madre da lugar a dos células hijas prácticamente iguales. Cada célula hija recibe la misma cantidad de materia nuclear y citoplasmática.

Contenido

1. Formas de reproducción celular

- 1.1. Bipartición
- 1.2. Gemación
- 1.3. División múltiple

2. La Mitosis

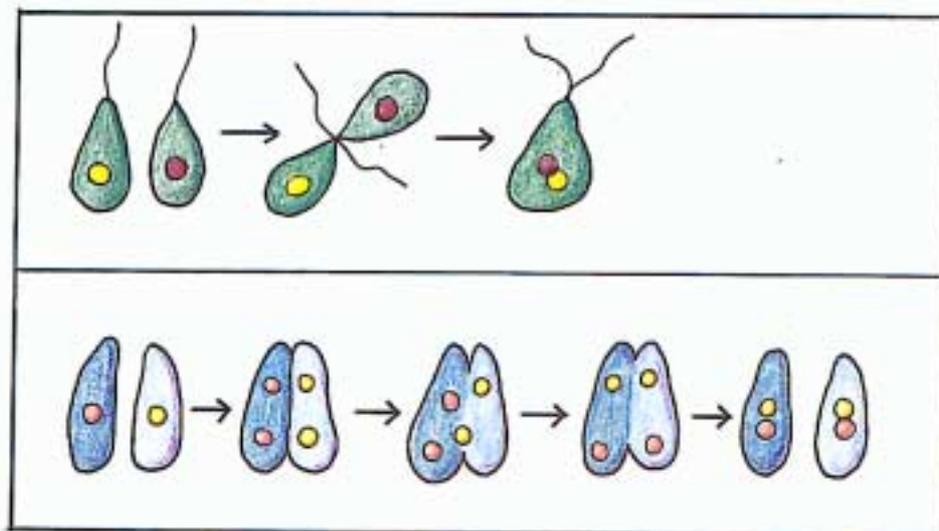
- 2.1. Profase
- 2.2. Metafase
- 2.3. Anafase
- 2.4. Telofase

3. La Meiosis

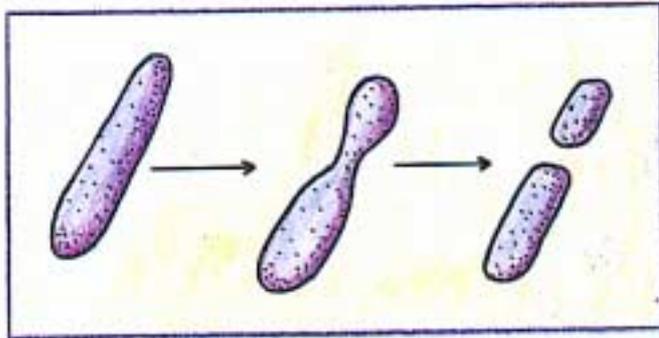
4. Tipos de reproducción

- 4.1. Reproducción Axexual
 - 4.1.1. Escisión
 - 4.1.2. Gemación
 - 4.1.3. Esporas
- 4.2. Reproducción sexual
 - 4.2.1. Fecundación
 - 4.2.2. Partenogénesis
 - 4.2.3. Conjugación

5. La reproducción en los peces



Representación esquemática de la conjugación en ciliados y flagelados.



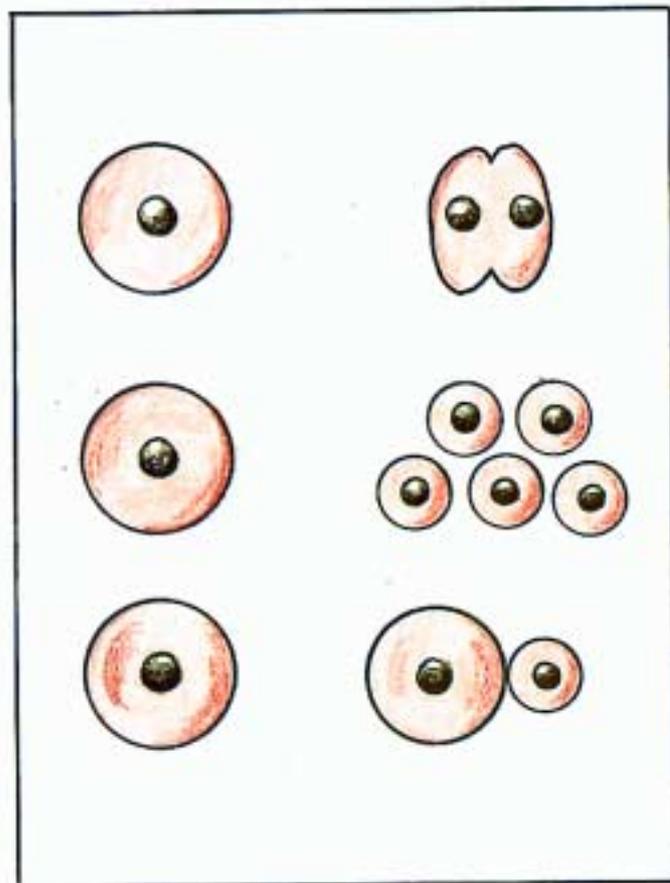
División por bipartición (*Ameba*).

1.2. GEMACION

En la célula madre aparece una prominencia, un abultamiento o "yema", que se desprende e individualiza, dando lugar a una nueva célula, más pequeña que la anterior, pero con el mismo contenido nuclear.

1.3. DIVISION MULTIPLE

La célula divide varias veces su núcleo; cada nuevo núcleo así formado se rodea de una porción de citoplasma que se aísla por una membrana. La célula madre queda dividida en varias células hijas que se liberan cuando se rompe la membrana de aquélla, si bien este último proceso no siempre se produce.



División múltiple en unicelulares (*Trypanosoma lewisi*).

2 LA MITOSIS

En todos estos procesos, bajo condiciones normales, las células hijas reciben la misma cantidad de material nuclear y, por tanto, genético. Para que este reparto equitativo entre las células hijas sea posible, dentro de la célula madre han tenido que ocurrir una serie de fenómenos que se agrupan bajo el nombre de Mitosis.

Gracias a la Mitosis todas las células hijas reciben el mismo número y clase de cromosomas (filamentos portadores del material genético, presentes en el núcleo celular) que poseía la célula madre.

En la mitosis celular se distinguen cuatro etapas o fases, denominadas: Profase, Metafase, Anafase y Telofase.

2.1. PROFASE

Durante la Profase se definen en el núcleo los cromosomas, apareciendo cada uno de ellos dividido longitudinalmente en dos mitades, las cromátidas, unidas en el centro por medio de un órgano llamado centrómero. Al mismo tiempo que se individualizan los cromosomas desaparece la membrana nuclear, quedando éstos libres en el citoplasma.

Mientras tanto, el centriolo, se subdivide en dos centriolos que, unidos entre sí mediante filamentos, forman el llamado Huso Acromático, que se agranda a medida que los centriolos emigran hacia los polos de la célula.

2.2. METAFASE

En la Metafase los cromosomas se sitúan perpendicularmente al huso acromático y doblados en forma de "V", con el vértice en el centrómero. Se forma así la Placa o Estrella metafásica. A continuación se produce una escisión longitudinal de los cromosomas, incluido el centrómero; es decir, la separación de las cromátidas.

2.3. ANAFASE

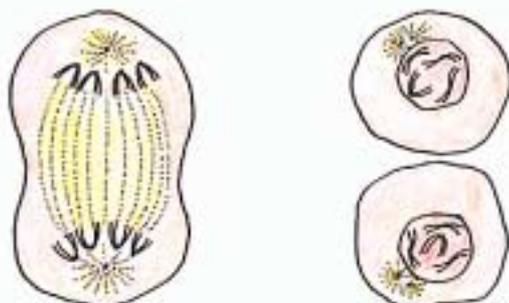
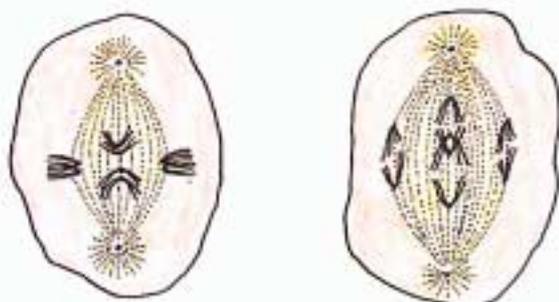
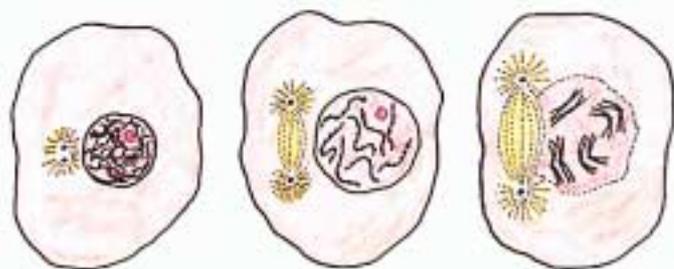
La Anafase se caracteriza por el acortamiento de las fibras del huso acromático, que arrastran a las cromátidas hacia los polos. Al final de la anafase, desaparecen los filamentos del huso y, con ello, el huso mismo.

2.4. TELOFASE

Durante la fase final o Telofase se reconstruyen los núcleos de las células hijas y las cromátidas de cada uno de ellos se duplican transformándose en cromosomas completos.

El resultado final es, por lo tanto, que cada uno de los núcleos hijos tiene el mismo número de cromosomas (material genético) que el núcleo original. Dicho de otro modo: las células hijas disponen de la misma cantidad de material genético que la célula madre.

Una vez concluidos estos procesos de la división del núcleo se produce la división del citoplasma (Citocinesis), por cualquiera de los mecanismos descritos de bipartición, gemación o división múltiple.



Representación esquemática de la mitosis.

3 LA REPRODUCCION CROMOSOMICA O MEIOSIS

Cuando la reproducción exige la fusión de dos células para que tenga lugar el proceso reproductivo (reproducción sexual), es necesario que antes las dos células sexuales o gametos (masculino y femenino) sufran una reducción del número de cromosomas que los constituye. Solamente de este modo, la célula hija podrá tener el mismo número y clase de cromosomas que las células normales de sus progenitores. Este proceso se realiza por medio de un mecanismo denominado "reducción cromosómica" o Meiosis.

Por lo tanto, en la Meiosis el número, siempre par ($2n$), de cromosomas de las células originales se reduce a la mitad (n) en las nuevas células (gametos). Las células con número $2n$ de cromosomas se llaman, por esta razón, Diploides; mientras que las que poseen un número " n " de cromosomas se denominarán Haploides.

Este proceso de reducción meiótica del número de cromosomas se realiza, al igual que en la Mitosis, en cuatro etapas denominadas del mismo modo: Profase, Metafase, Anafase y Telofase.

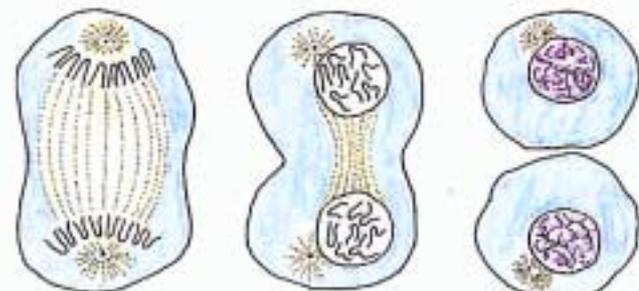
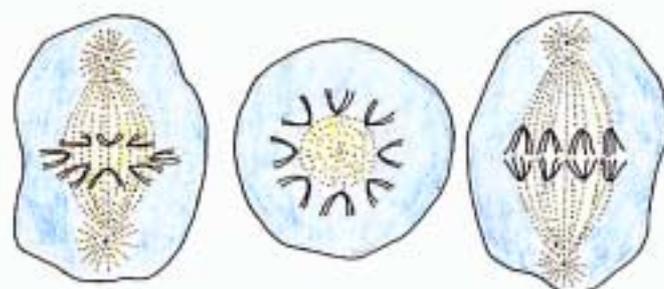
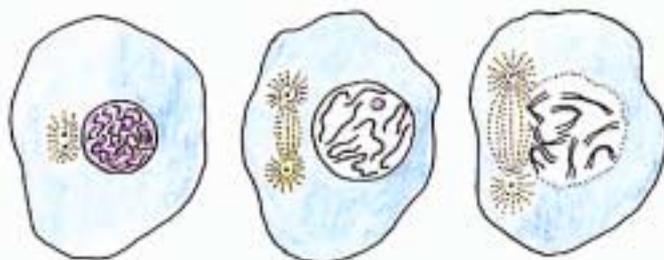
- En la Profase los cromosomas homólogos se aparean longitudinalmente. Al individualizarse las cromátidas cada grupo de parejas posee 4. Por ello se denominan Tétradas.

El resto de los fenómenos que ocurren siguen las mismas pautas que en la Mitosis: separación de centriolos, formación del huso acromático y desaparición de la membrana nuclear.

- Con la Metafase, las tétradas se disponen en el plano ecuatorial.

- Durante la Anafase, las parejas de cromosomas homólogos (y no las cromátidas, como sucedía en la mitosis) se separan; cada cromosoma se dirige hacia uno de los polos celulares, que reciben de este modo, la mitad de los cromosomas de la célula madre.

- La Telofase es muy rápida. Aparece una nueva membrana alrededor de cada polo, dando lugar a dos nuevos núcleos que tendrán un número haploide (n) de cromosomas y cada cromosoma dos cromátidas.



Representación gráfica de la meiosis.

Tras estas cuatro fases, se produce una nueva división celular que ya tiene el carácter de una mitosis normal y mantiene el número n de cromosomas en cada una de las cuatro nuevas células así formadas.

4 TIPOS DE REPRODUCCION. CONCEPTO DE SEXO

En los seres vivos, tanto unicelulares como pluricelulares existen dos modalidades fundamentales de reproducción: la reproducción Asexual y la Sexual.

4.1. REPRODUCCION ASEJUAL

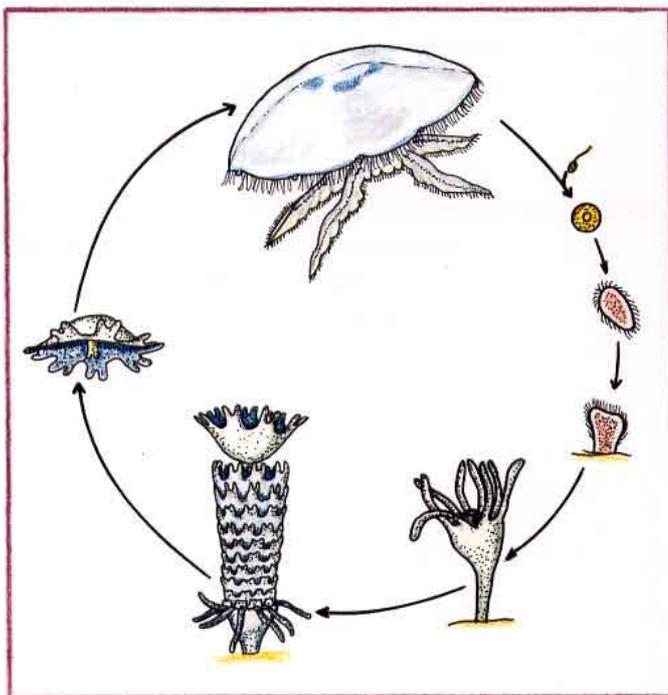
La reproducción Asexual se lleva a cabo sin la intervención de células sexuales o gametos.

Es frecuente tanto en individuos unicelulares (bipartición, gemación y división múltiple ya mencionadas) como pluricelulares. En estos últimos solamente se presenta en aquéllos que poseen un alto poder de regeneración en sus células, ya que a partir de un segmento del cuerpo son capaces de reconstruir un nuevo individuo.

Existen tres modalidades de reproducción Asexual: Escisión, Gemación y por Esporas.

4.1.1. Escisión

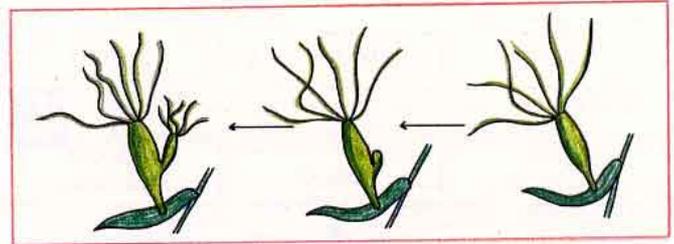
Por la Escisión, un individuo se fragmenta en dos o más trozos, cada uno de los cuales origina, por regeneración, un nuevo individuo. Poseen esta modalidad de reproducción, entre otros animales, los poliquetos, estrellas de mar, etc.



Ciclo reproductivo de Hydra.

4.1.2. Gemación

En la reproducción asexual por Gemación, aparece en el individuo que se va a reproducir un abultamiento o "yema" que crece y se desarrolla dando lugar a un nuevo ser que puede separarse de aquél o continuar unido formando una colonia. Es la modalidad típica de reproducción de las esponjas, pólipos, briozoos, etc.



Gemación en pluricelulares (Pólipo).

4.1.3. Esporas

Las Esporas son células dedicadas a la reproducción aunque no son gametos. Se originan por un procedimiento de división múltiple. Es frecuente en algunos protozoos y, sobre todo, en algas, hongos, musgos y helechos.

4.2. REPRODUCCION SEXUAL

La reproducción sexual se lleva a cabo con la intervención de gametos que son células específicamente sexuales originadas mediante meiosis en los órganos sexuales o gónadas. La existencia de dos gametos distintos da lugar a la existencia de los sexos. Los gametos masculinos se originan en órganos sexuales masculinos y los femeninos en órganos sexuales femeninos,

Cuando los sexos están separados, es decir, que hay individuos machos e individuos hembras, se dice que la especie es unisexual. Cuando los dos sexos están presentes en el mismo individuo, entonces la especie se define como hermafrodita.

En el caso de individuos unisexuales, los dos sexos pueden ser morfológicamente distintos. En este caso se dice que tienen dimorfismo sexual. En otros casos este dimorfismo sexual no existe o es aún más complicado, como ocurre con las abejas y las hormigas que tienen polimorfismo sexual.

Se distinguen tres tipos de reproducción sexual: Fecundación o Anfignia, Partenogénesis y Conjugación.

4.2.1. Fecundación o Anfignia

En la reproducción sexual por Fecundación se produce una fusión de los gametos femenino y masculino con la formación de una nueva célula única, llamada Zigoto.

Por sucesivas divisiones y transformaciones del cigoto se irá formando el o los nuevos individuos hijos.



4.2.2. Partenogénesis

En la partenogénesis un óvulo (gameto femenino) desarrolla un nuevo individuo hijo sin necesidad de ser fecundado por otro gameto.

4.2.3. Conjugación

La conjugación se da exclusivamente en protozoos ciliados y consiste en el intercambio de material genético entre dos individuos, mediante la fusión de sus respectivos micronucleos.

5 TIPOS DE REPRODUCCION EN LOS PECES

Todos los peces se reproducen sexualmente, tras la formación de oocitos y espermatozoides. Por lo general son unisexuales, aunque hay excepciones como la dorada, que cuenta con un hermafroditismo proterándrico (durante los primeros años de madurez sexual se comporta como un macho, produciendo esperma y gametos masculinos, para seguidamente comportarse como hembra produciendo gametos femeninos).

En el caso de los peces cultivados no existe dimorfismo sexual y, por tanto, ambos sexos son prácticamente indistinguibles a simple vista. Hay sin embargo, excepciones, como es el caso de la mayoría de los peces ornamentales de agua dulce (por ejemplo, el guppy), en los que el macho cuenta con colores y estructuras más llamativas que las hembras, además de ser mucho más pequeño.

Actividades

Autoevaluación

1 Relacionar ambas series de conceptos:

A	Gemación	1	Cariocinesis		
B	División del núcleo	2	Cromátida		
C	Profase	3	Yema		
D	Cromosoma	4	Huso acromático		

2 Atendiendo a su secuencia temporal ordenar los siguientes fenómenos de la división celular:
Arrastre de las cromátidas hacia los polos
Constitución de la placa metafásica
Escisión longitudinal de los cromosomas
Diferenciación de los cromosomas
Migración de los centriolos hacia los polos

3 Señalar tres grupos de animales que presenten los tipos y modalidades de reproducción indicadas:

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
ESCISION			
GEMACION			
POR ESPORAS			
SEXUAL			

4 Diferenciar entre los siguientes pares de conceptos:
a) Hermafroditismo proterándrico - Hermafroditismo proterogónico
b) Anfipogonia - Partenogénesis
c) Asexual - Sexual
d) Mitosis - Meiosis

Aplicación

1 ¿Se puede afirmar que sólo los seres vivos se reproducen? Razonarlo.

2 Señalar 3 especies que presenten Isomorfismo, Dimorfismo y Polimorfismo sexual:

	ESPECIE 1	ESPECIE 2	ESPECIE 3
ISOMORFISMO			
DIMORFISMO			
POLIMORFISMO			

Conoce tu entorno

1 Las plantas con flores tienen reproducción sexual. La flor es, precisamente, el equivalente en la planta al aparato sexual de los animales. Desde este punto de vista comparativo, señalar la función de cada una de las partes citadas de una típica flor angiosperma:

	ORGANO	FUNCION
Caliz y corola		
Estambre		
Antera		
Saco polínico		
Grano de polen		
Carpelo		
Estilo		
Estigma		
Ovario		
Ovulo		

2

Estructura y desarrollo de las gónadas. Gametogénesis

1 EL TESTICULO

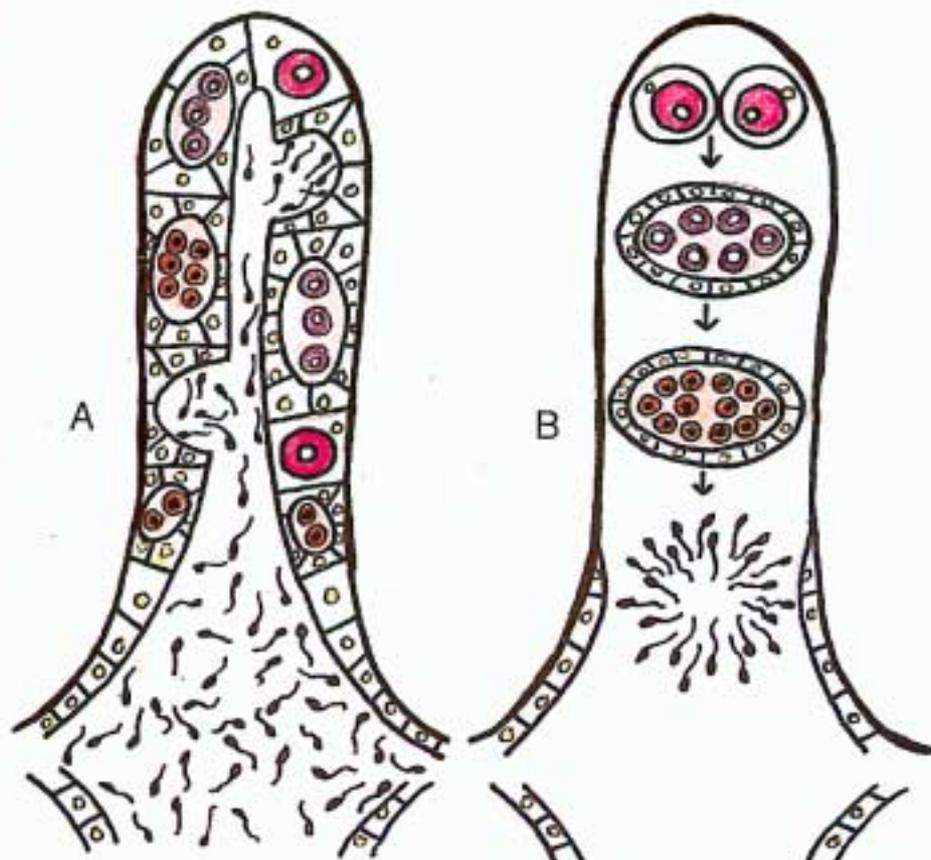
Representa el órgano sexual masculino. Es un órgano par, alargado y unido por la pared dorsal de la cavidad abdominal. La salida al exterior de los productos sexuales se realiza por medio del Espermiducto, desembocando en la papila urogenital o Gonoporo, situada entre el recto y los ductos urinarios.

Según las especies, el testículo cuenta con dos tipos de estructura: tubular y lobular. Todos los peces marinos cultivados presentan el testículo con estructura lobular que cuenta con un conjunto de túbulos separados unos de otros por tejido conjuntivo, en cuyo interior se encuentran las células germinales.

Los testículos están rodeados, además, de una capa celular fibrosa (capa albugínea), más delgada en la madurez y más gruesa durante el reposo sexual.

Dentro del testículo lobular se diferencian dos zonas: una zona intersticial y otra lobular en la que se encuentran las células germinales y donde se realizan los procesos de la Gametogénesis, con la consiguiente producción de gametos masculinos o espermatozoides.

Cuando se produce la puesta los espermatozoides son liberados a través del espermiducto y con el fluido seminal expulsados al exterior a través del gonoporo.



Estructura del testículo. A. Lobular. B. Tubular.

Contenido

1. Es testículo

2. El ovario

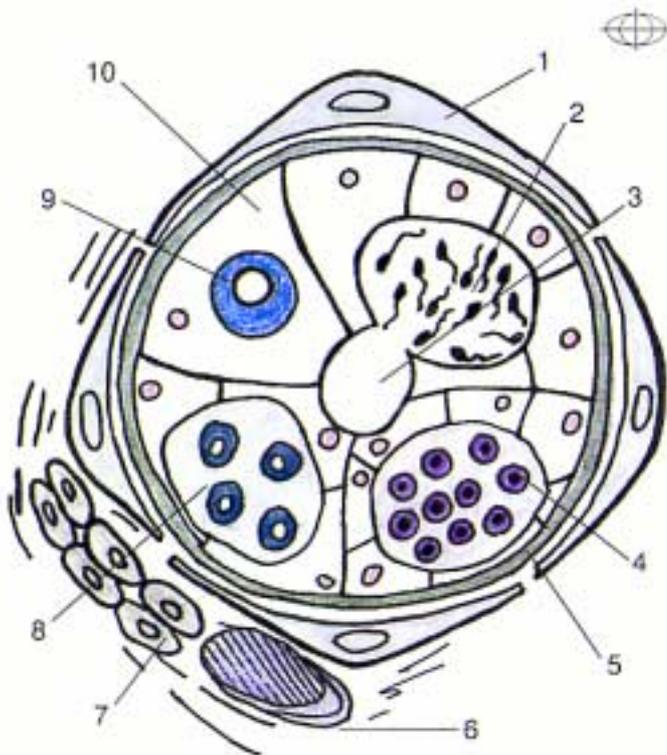
2.1. Tipos de ovario

3. Regulación hormonal

- 3.1. Glándula pineal
- 3.2. Hipotálamo
- 3.3. Hipófisis
- 3.4. Gónadas

4. Hormonas que actúan en el proceso reproductivo

- 4.1. Hormonas liberadoras
- 4.2. Hormonas inhibitorias
- 4.3. Gonadotropinas
- 4.4. Esteroides
- 4.5. Ferohormonas



Corte transversal de un lóbulo de testículo, donde se señalan los distintos tipos de células. 1. Fibroblasto. 2. Espermia. 3. Lumen lobular. 4. Espermatóide. 5. Membrana Basal. 6. Vasa Sanguinea. 7. Célula intersticial. 8. Espermatocito. 9. Espermatogonia. 10. Célula de Sertoli.

Células germinales, somáticas e intersticiales y otras estructuras en el testículo de los peces

1. CELULAS GERMINALES:

- Espermatogonias.

Son células situadas en la zona basal del lóbulo, separándose entre sí y de la membrana basal por franjas de células somáticas. Sufren procesos de multiplicación por mitosis, dando lugar a Espermatogonias secundarias. Se sitúan, durante la maduración, en el interior de cistes. Dentro de cada ciste las células se encuentran en la misma época de la Espermatogénesis.

- Espermatocitos

Hay dos tipos, los primarios derivan de las espermatogonias tras sufrir la Profase de la primera división meiótica. Los espermatocitos secundarios son más pequeños que los primarios y derivan de ellos, al completar la primera división meiótica.

- Espermatidas

Son producidas a partir de los espermatocitos secundarios, tras sufrir la segunda división meiótica.

- Espermatozoides

Se producen a partir de las espermatidas tras sufrir un proceso de espermiogénesis, durante el cual no hay división celular sino una simple reorganización del citoplasma y del núcleo, así como la formación del flagelo.

Los espermatozoides están presentes sólo durante la época de puesta o como elementos residuales en la post-puesta. Están libres en la luz lobular y son de inferior tamaño al resto de las células germinales.

2. CELULAS SOMATICAS

Son homólogas a las células de Sertoli de los mamíferos. Se encuentran en contacto directo con las células germinales. Tienen una función de mantenimiento de la estructura de los cistes, de nutrición de las células germinales y de fagocitosis de residuos citoplasmáticos o células germinales en degeneración.

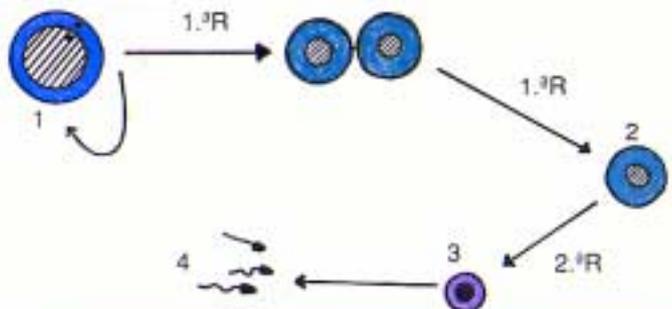
3. CELULAS INTERSTICIALES

Son homólogas a las células de Leydig de los mamíferos. Se ocupan de la producción de Esteroides y tienen, por tanto, una función secretora de hormonas.

4. OTRAS ESTRUCTURAS

Cuando se produce la puesta los espermatozoides son liberados en el lumen lobular, de allí pasan al espermiducto, formado por células derivadas de la pared celomática, que se encargan del transporte de sustancias de bajo peso molecular y de regular la composición iónica y presión osmótica del fluido seminal.

El fluido seminal se ocupa de facilitar el movimiento del espermia. Está compuesto principalmente por proteínas e iones de sodio, potasio, calcio y magnesio. Se forma en la vesícula seminal, cuya función, a diferencia de los mamíferos, es meramente de reservorio del espermia más que de glándula.



Representación de la espermatogénesis:

1.ª R), primera división meiótica. 2.ª R), segunda división meiótica.
1. Espermatogonia. 2. Espermatocito secundario. 3. Espermatida.
4. Espermatozoide.

2 EL OVARIO

Es el órgano sexual femenino del pez. Al igual que el testículo, presenta las características de un órgano par situado en la cavidad abdominal del pez. Cambia su morfología a lo largo del ciclo reproductivo y su estructura es relativamente compleja.

Puede tener dos estructuras, o bien es un saco cerrado que comunica con el exterior a través de un conducto o bien es un conjunto de folículos que se abren a la cavidad abdominal mediante conductos en forma de embudo. En el primer caso los oocitos son ovulados en la cavidad ovárica, en el segundo caso en la cavidad abdominal.

Funcionalmente el ovario puede actuar como órgano de producción de gametos femeninos, almacén de esperma y lugar donde se realiza la fertilización y posterior alimentación del embrión.

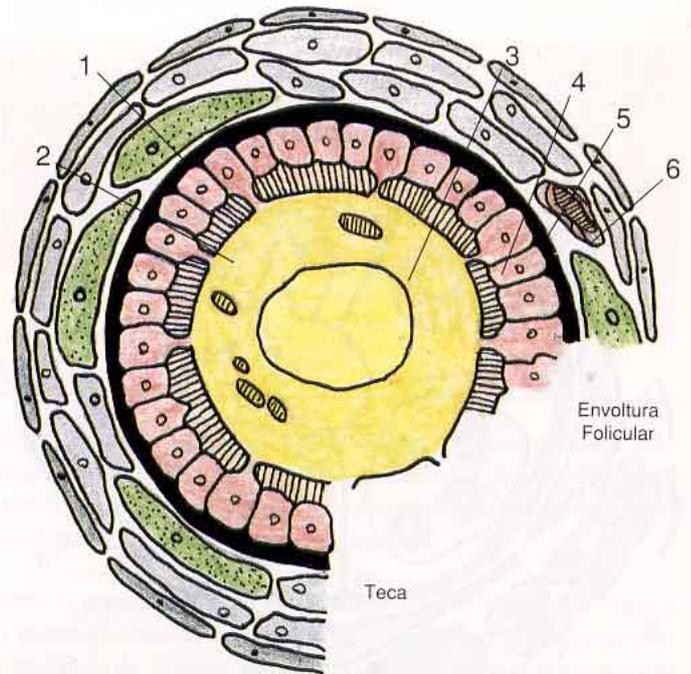
2.1. TIPOS DE OVARIO

Atendiendo al estadio de desarrollo de los oocitos dentro del ovario, podemos clasificar el ovario en:

- Ovario sincrónico total, en el que todos los oocitos están en el mismo estadio de desarrollo, la puesta ocurre una sola vez en la vida del pez y tras ella el pez muere (salmón del Pacífico y anguila).

- Ovario sincrónico por grupos, en el que al menos hay dos tipos de oocitos en distintos estadios de desarrollo. La puesta ocurre una sola vez al año, con un ciclo reproductivo corto (lubina, trucha).

- Ovario asincrónico, en el que los oocitos están en todos los estadios de desarrollo. La puesta ocurre varias veces durante una estación de puesta prolongada (dorada, ro-daballo, lenguado).



Estructura de oocito, donde se señalan los distintos tipos de células que lo constituyen. 1. Célula especial de la Teca. 2. Zona Pellúcida. 3. Ooplasma. 4. Célula de la granulosa. 5. Membrana Basal. 6. Capilar.

La Oogénesis

La formación del óvulo u oogénesis es un proceso semejante a la espermatogénesis y, como en aquél, está regulado por las hormonas. Tras la oogénesis el oocito inmaduro pasa a ser susceptible de ser fecundado. Comprende las fases y células siguientes:

• Oogonia

Es una célula que se caracteriza por tener un núcleo grande y citoplasma muy reducido. Sufre dentro del ovario sucesivas mitosis multiplicando su número. Más tarde entra en la primera división meiótica, quedando detenido su desarrollo en el estadio de Diplotena de la Profase. Cuando termina este proceso se ha transformado en un oocito primario.

• Oocito primario

Procede de la oogonia, por el mecanismo anteriormente descrito. Está presente durante todo el año y cuenta ya con un folículo completo. Se encuentra aislado del estroma ovárico. Durante los meses previos a la puesta, crece por acumulación de una sustancia llamada vitelogenina.

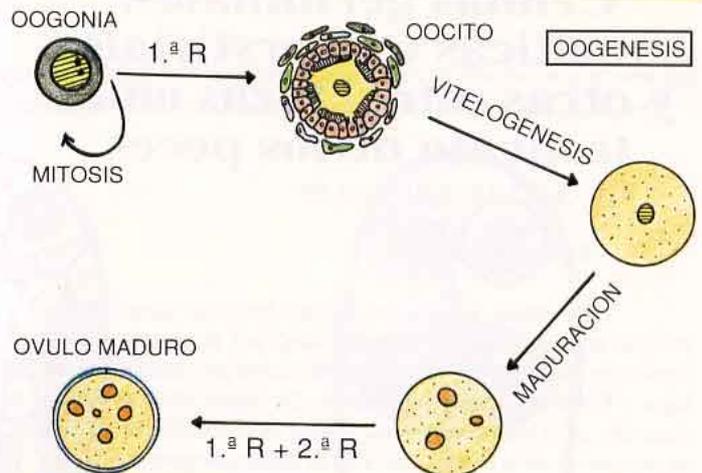
• Maduración

Transcurrido ya el proceso de Vitelogénesis (acumulación de vitelogenina), el oocito sufre una serie de transformaciones que en conjunto constituyen la Maduración.

En primer lugar el núcleo migra hacia el polo animal. Más tarde la membrana nuclear se rompe, mezclándose su contenido con el citoplasma circundante que va creciendo y en el que se forma una gota de grasa. Durante este tiempo, el oocito aún continúa en la Profase de la primera división meiótica.

• Ovulación

Durante la ovulación se completa la primera división meiótica. El huevo, ya formado, es expulsado a la cavidad ovárica donde se continúa la segunda división meiótica hasta la Metafase, momento en el cual el huevo ya puede ser fecundado.



Representación de la espermatogénesis:

1.ª R!, primera división meiótica
2.ª R! segunda división meiótica

3 REGULACION HORMONAL DEL PROCESO REPRODUCTIVO

Todos los procesos de maduración sexual, gametogénesis y puesta tienen una regulación hormonal. Las hormonas son liberadas por determinadas glándulas, cuya actuación está regulada a su vez por los cambios que ocurren en el medio externo.

Entre las glándulas que actúan segregando hormonas destacan las siguientes:

3.1. LA GLANDULA PINEAL

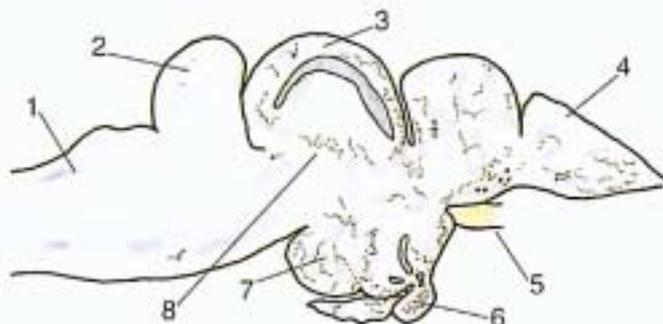
Está situada en el techo del diencefalo, con forma de piña. Es una glándula muy antigua en la evolución animal y está presente en todos los vertebrados, aunque es más activa en peces, anfibios y reptiles.

Su función es sensorial. Se ocupa sobre todo de percibir estímulos lumínicos (naturaleza fotorreceptora). Es capaz de medir la longitud del día y la noche a través de una especie de reloj biológico y transmitir sus datos, mediante impulsos nerviosos, a otras regiones del cerebro.

3.2. HIPOTALAMO

Situado en la zona ventral del diencefalo. Se ocupa de transmitir la información procedente de la glándula pineal, mediante la liberación de nuevas hormonas. Las células secretoras del hipotálamo liberan un mensajero químico (Hormona liberadora o, abreviadamente, GnRH) que transmite el mensaje a las células productoras de la hormona gonadotrofina de la hipófisis.

El hipotálamo también segrega un factor supresor de la síntesis de la gonadotrofina, denominado, abreviadamente, GRIF.



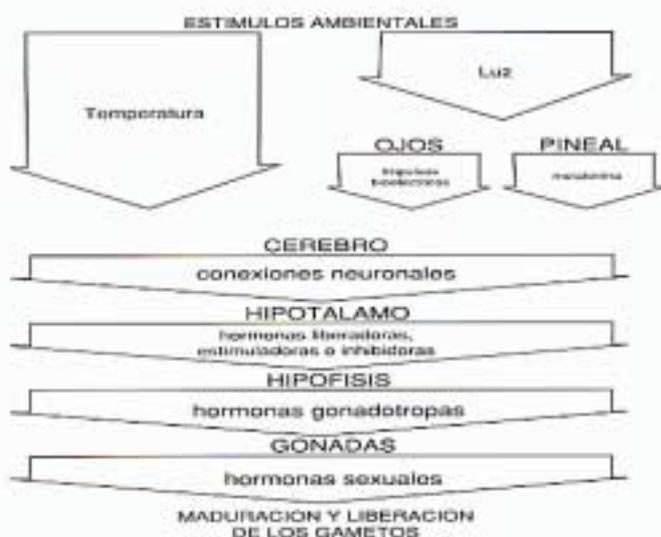
Representación esquemática del cerebro del lenguado.
1. Bulbo. 2. Cerebela. 3. Techo óptico. 4. Bulbo olfatorio. 5. Nervio Óptico. 6. Hipófisis. 7. Hipotálamo. 8. Telencefalo.

3.3. HIPOFISIS

Situada en la base del diencefalo. Aparece en todos los vertebrados íntimamente asociada al hipotálamo a través de procesos neuronales (células nerviosas) y de un sistema vascular.

En ella se encuentran las células que sintetizan la gonadotrofina.

Su estructura ya ha sido descrita anteriormente. Su actividad y desarrollo está regulada por el cerebro. El cerebro regula tanto el inicio de la pubertad como la maduración de las gónadas, la ovulación y la espermiación. Produce las hormonas esteroides.



Esquema de los mecanismos de control de la función reproductora de los peces.

4 HORMONAS QUE ACTUAN EN EL PROCESO REPRODUCTIVO

Citaremos cinco complejos hormonales que actúan decisivamente en el proceso reproductor de los peces:

4.1. HORMONAS LIBERADORAS

Las hormonas liberadoras, que abreviadamente se nombran como GnRH y LH-RH, son segregadas por el hipotálamo, con la finalidad de liberar la gonadotrofina.

Hoy en día existen algunas de estas hormonas liberadoras sintéticas, de venta en comercios especializados, muy utilizadas para inducir la puesta de los peces.

4.2. HORMONAS INHIBIDORAS

Abreviadamente se nombran como GRIF. Son también segregadas por el hipotálamo y actúan inhibiendo la producción de gonadotrofina. Su naturaleza química es desconocida ya que aún no se ha logrado su aislamiento.

4.3. GONADOTROFINAS

Abreviadamente se nombran como GtH. Son producidas por la hipófisis, si bien su actividad, como hemos dicho, viene regulada por las hormonas del hipotálamo, liberadoras e inhibitoras.

Esta hormona tiene dos fracciones. Una fracción se ocupa de la captura de la vitelogenina sanguínea para incorporarla al huevo, de más de la estimulación o no (según las especies) de la síntesis de las hormonas sexuales esteroides (gonadotrofina vitelogénica). La otra fracción se ocupa de la maduración y ovulación de los ovocitos y de la espermatogénesis y espermiación (gonadotrofina madurativa).

Al igual que ocurre con las hormonas liberadoras existen gonadotrofinas sintéticas en el mercado (la SG-G100) y otras que se han aislado de los peces y purificado

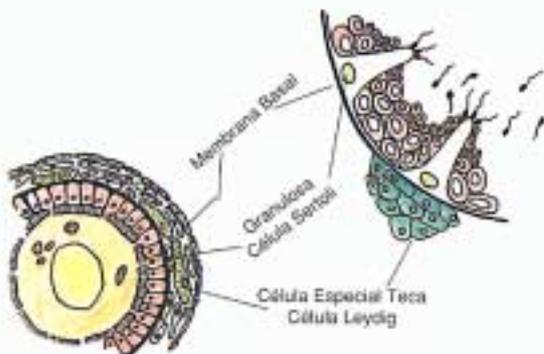
en laboratorio (por ejemplo, las de salmón, carpa o atún). Ambas se utilizan para la inducción a la puesta de especies filogenéticamente próximas.

4.4. ESTEROIDES.

Se producen en las gónadas y son de dos tipos: masculinos y femeninos.

Entre los femeninos, los más importantes son los llamados Estrógenos (por ejemplo: el estradiol) y entre los masculinos los Andrógenos (por ejemplo: la Testosterona).

Las hormonas esteroideas actúan liberando la producción de gonadotrofina, además de intervenir activamente en los procesos de maduración y ovulación de las hembras y en la espermiación de los machos.



Esquema comparativo de los tejidos productores de esterooides gonadales en el ovario y el testículo de los peces.

Hormonas principales en los peces, origen y función

HORMONA	ORIGEN	SEXO	ACTUACION
GnRH	Hipotálamo	Ambos	Activa síntesis GtH
GRIF	Hipotálamo	Ambos	Inhibe síntesis GtH
		Macho	Espermiogénesis
			Esteroidogénesis
GtH	Adeno-hipófisis	Hembra	Vitelogénesis
			Maduración
			Ovulación
			Esteroidogénesis
			Feed-back ± GtH
Esteroides	Gónadas	Ambos	Maduración
			Ovulación

4.5. FEROMONAS

También son producidas en las gónadas. Su secreción determina el acercamiento entre los dos sexos o bien provocan una respuesta sexual más acusada; orientan a los congéneres y aseguran la sincronización física y fisiológica entre los dos sexos.

Autoevaluación

1 Señalar el significado de los siguientes términos:

A	Distal	1	Lóbulo		
B	Papila	2	Lumen		
C	Somático	3	Estroma		
D	Germinal	4	Sincrónico		

2 Relacionar ambas series de términos:

A	Órgano sexual masculino	1	Espematóide		
B	Célula sexual masculina	2	Ovario		
C	Órgano sexual femenino	3	Ovulo		
D	Célula sexual femenina	4	Testículo		

3 ¿Qué tipo de células se encuentran en cada una de las siguientes zonas:

- Intersticial del testículo
- Lobular del testículo

4 ¿Qué glándulas u órganos tienen, en los peces, a su cargo las siguientes funciones hormonales:

- Síntesis de gonadotrofinas
- Producción de hormonas sexuales
- Transmisión de la información hormonal entre glándulas
- Sensorial, fotorreceptora

Aplicación

1 Con ayuda de la bibliografía adecuada citar cuatro especies de peces comerciales españolas que presenten:

- Una sola puesta en su vida
- Una puesta al año
- Varias puestas en una estación de puesta prolongada

2 Comparar las funciones hormonales y las hormonas secretadas en los peces y en la especie humana, por las siguientes glándulas:

	HORMONAS	FUNCION
HIPOTALAMO		
HIPOFISIS		
TESTICULO		
OVARIO		

Autoevaluación

1 Hacer la disección de distintas especies de peces comerciales y observar las gónadas masculina y femenina, su localización y características macroscópicas.

2 Las ferohormonas son un tipo de hormonas muy difundido en los animales. Citar algunas especies, además de los peces, que las posean y cumplan la función de provocar la respuesta sexual adecuada.

3 ¿Puede afirmarse que las plantas poseen hormonas? y ¿glándulas hormonales? Caso de ser afirmativas las anteriores respuestas, ¿cuáles?

3

Estructura de los gametos. Fecundación y desarrollo embrionario

Contenido

1. Es espermatozoide

- 1.1. Forma y estructura
 - Cabeza
 - Cuello
 - Cola
- 1.2. Viabilidad

2. El huevo

- 2.1. Forma y estructura
- 2.2. Viabilidad

3. Fecundación

- 3.1. Fecundación interna
- 2.2. Fecundación externa

4. Fases del desarrollo embrionario

- 4.1. Fase de división
 - 4.1.1. Formación de la Mórula
 - 4.1.2. Formación de la Gástrula
- 4.2. Fase embrionaria
 - 4.2.1. Neurulación
 - 4.2.2. Preeclósión
- 4.3. Eclósión

5. Duración de las fases de la embriogénesis

1 EL ESPERMATOZOIDE

Una vez que el espermatozoide ha sido formado en el testículo y está inmerso en el fluido seminal, puede ser expulsado bien al agua, bien en el interior del oviducto de la hembra, donde tendrá lugar la fecundación de los oocitos,

Inicialmente el espermatozoide es inmóvil dentro del testículo produciéndose su movilidad una vez que es liberado, debido a la reacción que la diferencia de composición iónica y presión osmótica del medio externo, provoca en la estructura del espermatozoide.

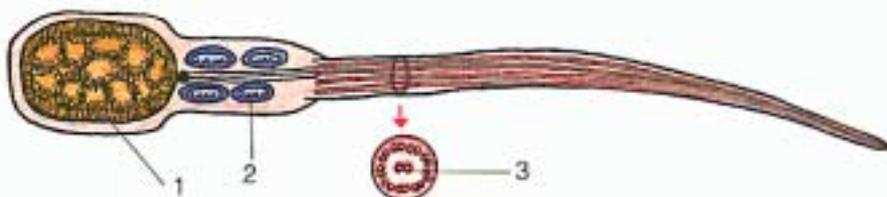
1.1. FORMA Y ESTRUCTURA DEL ESPERMATOZOIDE

El espermatozoide cuenta con tres partes bien diferenciadas: cabeza, cuello y cola, envueltas por una membrana ondulada.

La Cabeza es de forma más o menos esférica y en ella se encuentra todo el material genético de la célula. A diferencia de los mamíferos, el espermatozoide de los peces no tiene acrosoma, ya que, como veremos, la penetración del espermatozoide en el oocito ocurre a través de un pequeño orificio (el micrópilo).

La Pieza intermedia o Cuello, tiene en su interior los centriolos y mitocondrias que proporcionan la energía necesaria para el movimiento. Cuenta con reservas de Glucógeno, fosfolípidos y glucolípidos, así como enzimas.

La Cola o Flagelo se ocupa del desplazamiento del espermatozoide. Tiene una estructura interna compuesta de microtúbulos, generalmente 2 centrales y 9 periféricos.



Estructura del espermatozoide. 1. Cromatina. 2. Mitocondria. 3. Sección Transversal del Flagelo.

1.2. VIABILIDAD DEL ESPERMATOZOIDE.

Una vez emitido, la vida media del espermatozoide es muy corta (de algunos segundos en peces de agua dulce a varios minutos e incluso días en los peces marinos). Su poder de fecundación es función, pues, de la duración e intensidad del movimiento y de la densidad (espermatozoides por mililitro de esperma) en que son emitidos.

El espermatozoide debe recorrer un largo camino hasta encontrar el micrópilo del huevo y pueda tener lugar la fecundación. En el medio natural no suele existir ningún problema ya que el esperma contiene un gran número de espermatozoides por mililitro y es liberado sobre o muy cerca de los huevos.

En piscifactorías, donde los reproductores no se encuentran en las mismas condiciones que en el medio natural, es frecuente la realización de fecundaciones "in vitro" ante la imposibilidad de obtener puestas naturales, ya que el stress al que se ven sometidos los reproductores hace que el espermatozoides emitido sea inmovil. Esta es la razón de por qué en las piscifactorías es frecuente que antes de fecundar los huevos se provean de espermatozoides de distintos machos.

Por otro lado, la densidad del espermatozoides no siempre es la misma. Suele ser inferior al principio y al final de la época de puesta, que en los machos suele durar casi todo el año, y disminuye con la edad.

Por todas estas razones es conveniente utilizar mayor cantidad de espermatozoides diferentes para tener la seguridad de que los huevos sean fecundados.

De cualquier modo, en muchas especies, sobre todo de especies de agua dulce, es posible mantener espermatozoides congelados, al igual que se realiza con los mamíferos.

ESPECIE	Nº ESPERMATOZOIDES/ml
Carpa	25 - 30.000 millones
Trucha	10 - 25.000 millones
Salmón	12 - 30.000 millones
Múgil	50 - 60.000 millones
Rodaballo	4 - 8.000 millones

Tabla 1. Número de espermatozoides por mililitro en varias especies de peces

2 EL HUEVO

En general los huevos de los peces, una vez fecundados, se desarrollan sin cuidado de los padres. Pueden encontrarse fijos al sustrato (sobre todo los de peces de agua dulce), enterrados en arena o grava (salmónidos, lamprea, etc) o bien flotando libremente en la superficie del agua (peces marinos). En este último caso el número de huevos producido (fecundidad) suele ser muy grande a fin de compensar la baja supervivencia larvaria; el periodo de incubación suele ser muy corto y las larvas obtenidas muy vulnerables.

2.1. FORMA Y ESTRUCTURA DEL HUEVO

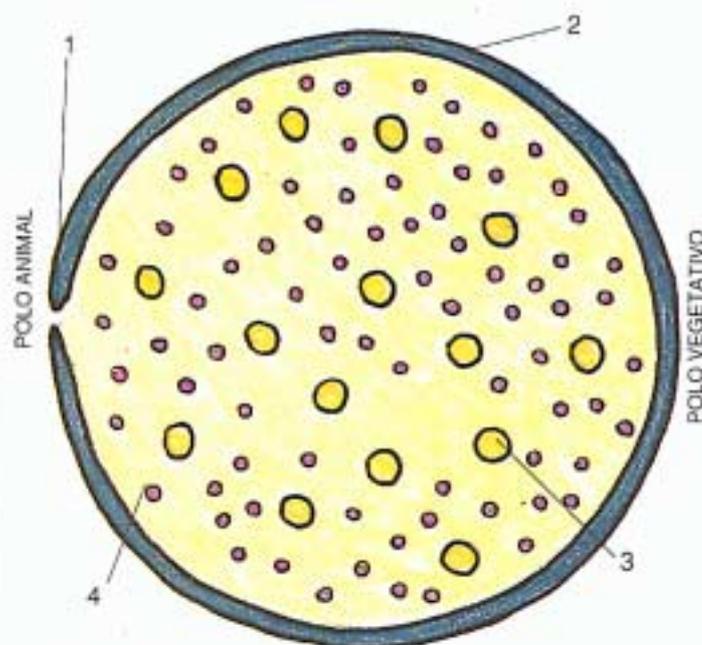
Generalmente es esférico. Está provisto de un corion externo muy denso, con un pequeño agujero (el micrópilo) en el polo.

En la periferia se observan una serie de pequeñas vesículas llamadas alveolos corticales. Estos alveolos se rompen tras la fecundación y vierten su contenido dentro del huevo formando el llamado espacio perivitelino. Se observan también una o varias gotas de grasa, que se encargan de mantener a flote el huevo durante la incubación y de

servir de último alimento a la larva, una vez que el vitelo se ha consumido y la larva comienza la alimentación externa.

Tanto el diámetro del huevo como el número de gotas de grasa varían en función de la especie.

El huevo es transparente y flota libremente en la superficie cuando el agua tiene la salinidad normal del agua de mar.



Estructura del huevo.

2.2. VIABILIDAD DEL HUEVO

Un huevo recién ovulado y emitido tiene un alto poder de fecundación que disminuye drásticamente al cabo de poco tiempo debido a un proceso de sobremaduración. Este proceso de sobremaduración conlleva una serie de cambios morfológicos y de composición del huevo, tales como un aumento de diámetro por acumulación de agua; coloración amarillenta, forma irregular, flotabilidad muy reducida o nula. Aunque este huevo sobremaduro puede ser fecundado, su tasa de fecundación es baja y el desarrollo embrionario nunca llega al final, interrumpiéndose en cualquiera de sus fases.

ESPECIE	DIÁMETRO (mm)	Nº GOTAS GRASA
DORADA	0,94 - 1,05	1
LUBINA	1,07 - 1,32	1 - 5
RODABALLO	0,95 - 1,19	1
LENGUADO	1,27 - 1,54	Varias difusas

Tabla 2. Diámetro y número de gotas de grasa en huevos de varias especies de peces.

3 LA FECUNDACION

Se denomina fecundación al proceso de unión de los gametos masculino (espermatozoide) y femenino (huevo). Este proceso puede hacerse bajo dos modalidades principales: Fecundación interna (se realiza en el interior del cuerpo de la hembra) y Fecundación externa (los gametos son liberados directamente al agua).

3.1. FECUNDACION INTERNA EN LOS PECES

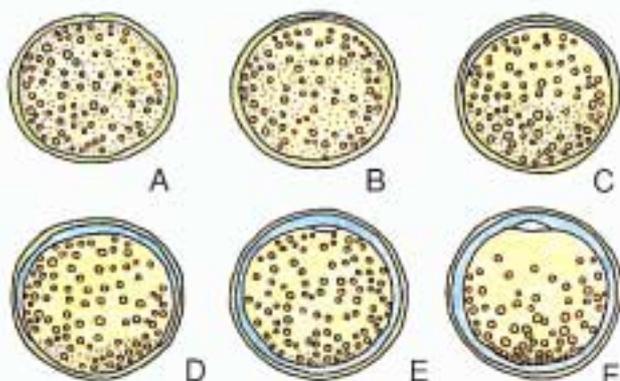
Aunque todos los peces marinos cultivados presentan fecundación externa, hay ciertos casos de peces ornamentales de agua dulce, también cultivados, como el Guppy (*Poecilia reticulata*) o el Xiphophorus, que cuentan con una fecundación interna. En ambos casos, el macho modifica las aletas anales para facilitar la entrada de los espermatozoides en el oviducto de la hembra, la cual, a su vez, desarrolla unos receptáculos donde acumula este espermatozoide hasta el momento en que la ovulación es completa. El desarrollo embrionario también es interno y presentan viviparismo u ovoviviparismo.

3.2. FECUNDACION EXTERNA

En este caso los gametos son liberados directamente al agua. Anteriormente existe un cortejo entre los reproductores, de manera que cuando los gametos son liberados se encuentran muy próximos y pueda realizarse la fusión de las células sexuales con facilidad. En todo este cortejo actúan las hormonas ferohormonas.

Los espermatozoides son, pues, atraídos hacia la periferia del huevo, hasta el micrópilo, a través del cual pueden entrar varios espermatozoides, si bien sólo uno realiza la fecundación.

En el momento en que el espermatozoide entra dentro del huevo los alveolos corticales descargan su contenido provocando una serie de reacciones que hacen que el micrópilo expulse a los otros espermatozoides a la vez que forma un capuchón que impide la entrada de otros más.

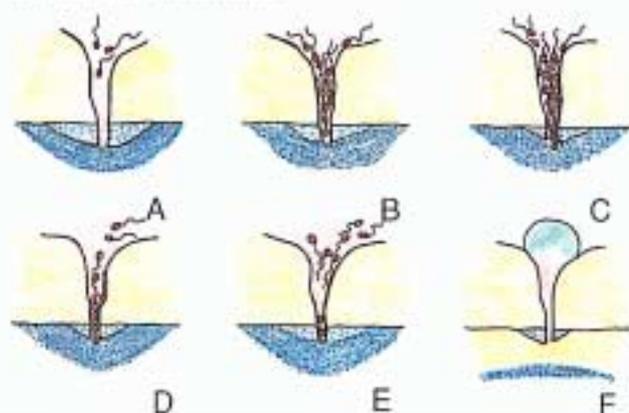


Reacción cortical tras la fecundación b y c, desaparición de los alveolos corticales (representados como puntos) y formación del espacio perivitelino (d y e); f, migración de las gotas de grasa al polo vegetativo.

Tras la descarga de los alveolos corticales se forma el espacio perivitelino, cuya misión es la de evitar la entrada de sustancias tóxicas para el embrión.

A su vez el corion, tras una serie de cambios estructurales, se endurece, protegiendo aún más al embrión de los posibles daños o agresiones que pueda sufrir durante la incubación.

Al mismo tiempo, el diámetro del huevo varía ligeramente y en su interior se desarrollan todos los procesos del desarrollo embrionario.



Cambios en la región micropilar durante la fecundación: a y b, entrada de espermatozoides; c, penetración de un solo espermatozoide para realizar la fecundación; d y e, expulsión del resto de los espermatozoides; f, formación del espacio perivitelino y del tapón micropilar.

4 FASES DEL DESARROLLO EMBRIONARIO

Tras la fecundación el corion se endurece, se forma el espacio perivitelino y el citoplasma migra hacia el polo animal donde ocurrirán una serie de sucesos que darán lugar a la formación del embrión.

Por debajo de él, ocupando una gran parte del huevo, en el polo vegetativo, encontramos el vitelo y, proporcionando flotabilidad al huevo, la gota de grasa.

En el desarrollo embrionario distinguiremos tres fases: 1) la fase de división 2) la fase embionaria y 3) la Eclósión.

4.1. FASE DE DIVISION

En la fase de división se forman la Mórula y la Gástrula. Comienza con la formación del surco de división en el cigoto. Este surco cada vez se va haciendo más profundo y termina por dar lugar a dos células. A continuación se forma un nuevo surco, perpendicular al primero, dando lugar a cuatro células (2ª división), tras el que aparece otro más perpendicular también al primero, que termina con la

formación de dos filas de 4 células cada una (3ª División). A partir de la cuarta, las divisiones son asincrónicas y horizontales, formándose la Mórula.

La Mórula se redondea y se hace más regular a medida que continúa el proceso de división celular. Se aplana hasta formar una especie de cofia o capuchón sobre el vitelo. Las células que la forman son muy pequeñas, casi indistinguibles, dando a la masa de células un color oscuro y opaco. Esta fase se denomina Gástrula.

La Gástrula, mediante un proceso de epibolia, se aplana y crece, recubriendo todo el vitelo hasta formar un anillo (anillo germinal), el cual termina por cerrarse, formando entonces una placa, llamada placa neural, que marca el comienzo de la siguiente fase.

4.2. FASE EMBRIONARIA

Durante la fase embrionaria se desarrollan los órganos del embrión. Se producen una serie de cambios morfológicos, el embrión crece y se desarrollan una serie de funciones (contracción muscular, circulación sanguínea, percepción sensorial). Termina esta fase con la eclosión de la larva.

Seguiremos estos procesos paso a paso. En primer lugar el anillo germinal se cierra y aparecen las regiones cerebrales y los primordios ópticos (Neurulación). El cuerpo comienza a segmentarse.

Más tarde se forma el cristino de los ojos y aparecen las placas olfatorias y auditivas, al mismo tiempo que continúa la segmentación corporal. El extremo caudal se separa del vitelo.

El siguiente paso incluye la aparición de contracciones musculares, comienza la pigmentación corporal y el corazón, ya formado, empieza a latir.

A continuación, a la vez que la circulación de la sangre y la segmentación corporal se completan, comienza la diferenciación del digestivo y la formación de cartílago y de la glándula de eclosión (Preeclosión).

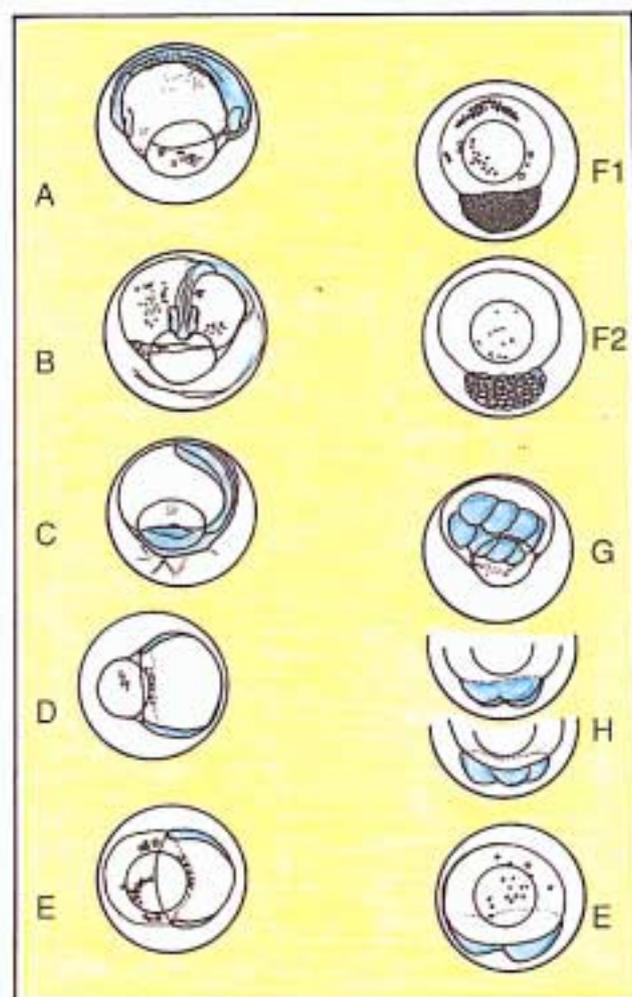
La larva, de este modo, ha completado ya su organogénesis en el interior del huevo; a partir de aquí comienza el proceso de eclosión.

4.3. ECLOSION

1.3. Para que se provoque la eclosión la larva dispone de una glándula que segrega enzimas cuya acción es adelgazar la pared del corión. Este adelgazamiento de la pared coriónica, unido a los movimientos que realiza la larva, terminan por romper el corión y la larva emerge al exterior.

En este momento la larva es casi transparente, con algunas manchas de pigmento distribuidas irregularmente por todo el cuerpo. Su esqueleto está poco desarrollado aunque se distingue claramente la notocorda. Las aletas son incompletas. No existen ni las mandíbulas ni la boca. El aparato digestivo no es más que un tubo estrecho. Los sistemas respiratorio y circulatorio están poco desarrollados. La sangre es transparente. Los ojos no están pigmentados y la capacidad visual es muy reducida o nula. Toda su nutrición y desarrollo dependen de un saco vitelino grande y alargado que se dispone a lo largo de su cuerpo y contribuye, junto con la grosa de grasa, a dar flotabilidad a la larva, que permanecerá así, viviendo a expensas de las reservas vitelinas, durante un período de tiempo más o menos largo, dependiendo de la temperatura de incubación.

Durante este tiempo, tanto el huevo como la larva son muy frágiles. Sólo durante la fase de Neurula, la más larga en el tiempo, el huevo puede ser manipulado.



Distintas fases del desarrollo embrionario de los peces. a) 1.ª división (2 células). b) 2.ª división (4 células). c) 3.ª división (8 células). d) y e) Mórula. f1) y f2) Inicio y final de la epibolia. g) Formación del anillo germinal. h) Traslocación de la larva. Neurulación. i) Embrión con la organogénesis completa. Preeclosión.

5 DURACION DE LAS DISTINTAS FASES DE LA EMBRIOGENESIS

La duración de las distintas fases de la embriogénesis depende, fundamentalmente, de la temperatura de incubación y de la especie.

A título indicativo, en el rodaballo las fases de Mórula, Gástrula, Neurula y Preeclósión representan respectivamente el 17, 15, 52 y 16% de la duración total, cualquiera que sea la temperatura de incubación.

A una temperatura de 13°C, la eclosión de las larvas de rodaballo se realiza al cabo de 5 días y medio, frente a los 4 días que tarda cuando la incubación se efectúa a 17°C.

Duración de las distintas fases del desarrollo embrionario del rodaballo

Estadio	Temperatura		
	13 °C	15 °C	17°C
Mórula	7,5 h	6,5 h	6 h
Gástrula	22,0 h	18,0 h	16 h
Neurula	46,0 h	32,0 h	28 h
Preeclósión	111,0 h	87,0 h	78 h
50% Eclosión	134,0 h	106,0 h	91 h

Duración de las distintas fases del desarrollo embrionario del rodaballo a 15°C

TIEMPO	ESTADIO	OBSERVACIONES
0 h	Fecundación	
1 h 45'	1 célula	Blastómero en polo animal
2 h 15'	2 células	
2 h 30'	4 células	
3 h 00'	8 células	
4 h 00'	16 células	
5 h 00'	32 células	
5 h 30'	64 células	
15 h 00' 18 h 00'	Mórula	Las células migran hacia la zona ecuatorial
28 h 00' 32 h 00' 42 h 00'	Gástrula	Media gástrula Aparece eje cefalo-caudal Somitos visibles
55 h 00' 68 h 00' 76 h 00'	Neurula	El embrión se desarrolla en semicircunferencia Embrión pigmentado El corazón comienza a latir
87 h 00' 92 h 00'	Preeclósión	Embrión pigmentado de rojo Embrión desarrollado en toda la circunferencia
106 h	Eclosión	50% de eclosión

Autoevaluación

- 1** Señalar cuales de estas frases son verdaderas o falsas:
- La cautividad favorece la reproducción entre los peces como consecuencia del elevado número de individuos que se encuentran juntos en los tanques.
 - El espermatozoide de un pez, una vez emitido, puede sobrevivir unas pocas horas.
 - Como cada óvulo solo es fecundado por un espermatozoide, el número de estos en cada emisión apenas tiene verdadera importancia para conseguir un elevado porcentaje de descendencia, bastando que el número de espermatozoides sea equivalente al de óvulos.

- 2** Relacionar ambas series de términos:

A	Micrópilo	1	Gástrula		
B	Ferohormono	2	Espermatozoide		
C	Acrosoma	3	Huevo		
D	Epibolia	4	Neurulación		
E	Primodioóptico	5	Cortejo		

- 3** ¿Qué estructuras designan los siguientes órganos:
- Notocorda
 - Vitelo
 - Cartílago
 - Membrana vitelina

Aplicación

- 1** Comparar la forma y estructura del espermatozoide tipo de un pez con las de un espermatozoide humano.
- 2** Comparar la forma y estructura del huevo tipo de un pez de un óvulo humano.
- 3** El término "huevo", puede tener en biología varios significados, según se aplique a unos animales u otros. Señalar al menos dos de esos significados.

Conoce tu entorno

- 1** Diferenciar entre fecundación externa e interna y señalar, según este criterio, el tipo de fecundación presentado por las siguientes especies animales:

	EXTERNA	INTERNA
MEJILLON		
OSTRA		
BALLENA		
NECORA		

- 2** Comparar las fases de mórula-tipo de un pez y la del embrión humano.
- 3** Estudiar la estructura de un huevo de gallina y compararla con lo descrito respecto del huevo de los peces: ¿Qué diferencias y semejanzas fundamentales se encuentran entre ambos?
- 4** ¿Hay alguna diferencia fundamental entre la metamorfosis sufrida por los peces a lo largo de su desarrollo embrionario, con la sufrida, por ejemplo, por una mariposa? ¿Cuál?

4

Manejo de los reproductores en la piscifactoría. Elección de los reproductores

1 ORIGEN DE LOS REPRODUCTORES

Los reproductores elegidos para el cultivo pueden provenir bien del medio natural, bien de piscifactorías de engorde. En el primer caso hay que tener en cuenta los posibles daños que va a sufrir el pez con el arte de pesca utilizado y efectuar las curas adecuadas junto con los tratamientos corrientemente utilizados para desparasitarlos. También hay que tener en cuenta el hecho de que los reproductores salvajes necesitan uno o dos años para aclimatarse a las condiciones de cautividad antes de efectuar las primeras puestas.

Cualquiera que sea el origen de los reproductores conviene constituir cada stock con distintas clases de edad a fin de asegurarse, en el caso de especies hermafroditas como la donada, de la presencia de individuos de los dos sexos.

Es conveniente reemplazar, cada uno o dos años, los individuos más viejos por otros más jóvenes a fin de evitar problemas de calidad de puestas.

Para evitar problemas de endogamia es recomendable la formación de stocks de reproductores con individuos de distinto origen. Asimismo es muy útil mezclar individuos salvajes con otros ya domesticados ya que éstos ayudarán a los nuevos a aclimatarse al nuevo ambiente.

Contenido

1. Origen

2. Talla, peso y edad de los reproductores

3. Transporte a la piscifactoría

4. Estabulación

- 4.1. Separación por sexos
- 4.2. Desparasitado
- 4.3. Marcaje
- 4.4. stock de reproductores
- 4.5. Los tanques de estabulación
 - 4.5.1. Materiales y medidas
 - 4.5.2. Situación
 - 4.5.3. Distribución del agua
 - 4.5.4. Aireación
 - 4.5.5. Desagües

5. Alimentación

6. Cuidados y manejo de los reproductores

2 TALLA, PESO Y EDAD DE LOS REPRODUCTORES

Se presentan en forma de tabla, los pesos (en Kgs) y las edades (en años) ideales para los reproductores machos y hembras de las principales especies cultivadas.

ESPECIE	SEXO	PESO	EDAD (año)
LUBINA	MACHO	0,6	5 - 8
	HEMBRA	0,8 - 1	
DORADA	MACHO	0,5	2 - 3
	HEMBRA	0,8 - 1	3 - 5
LENGUADO	MACHO	0,5	3 - 4
	HEMBRA	0,6 - 0,7	4 - 5
RODABALLO	MACHO	2	2 - 3
	HEMBRA	3 - 6	4 - 8

Tabla 3. Talla, peso y edad, según el sexo, ideales para seleccionar reproductores de distintas especies de peces cultivables.

3 TRANSPORTE A LA PISCIFACTORIA

Se realiza en tanques de 1.500 a 2.000 litros, no excediendo la densidad de 100 kilogramos por metro cúbico, en el caso de la dorada y la lubina.

Es conveniente oxigenar el agua cuando los trayectos duran más de cuatro horas. En el caso de los peces planos (lenguado y rodaballo) el transporte puede hacerse en esos mismos tanques o en bolsas de plástico con una relación 1 volumen de peces por 2 volúmenes de agua, utilizando oxígeno siempre.

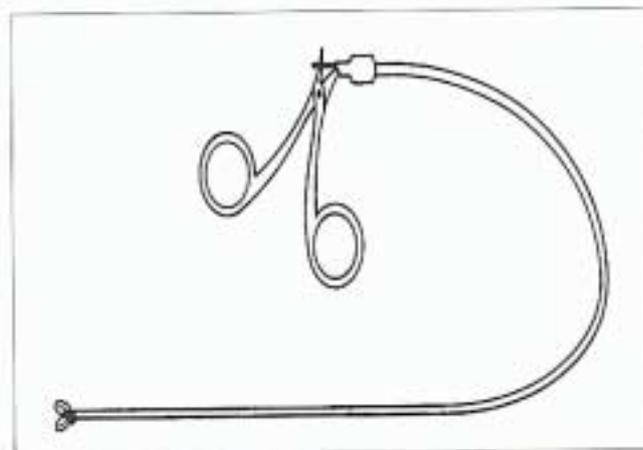
Los rodaballos pueden transportarse también en seco siempre y cuando los trayectos duren menos de dos horas.

4 ESTABILACION

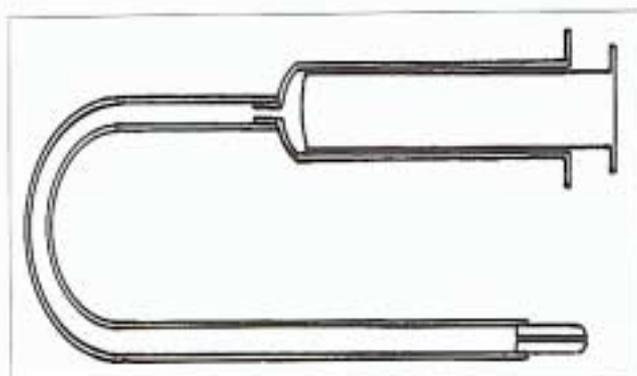
4.1. SEPARACION DE SEXOS

Una vez en la piscifactoría los peces son separados por sexos, acción bastante difícil de realizar fuera de la época de puesta ya que no hay dimorfismo sexual (los individuos de distinto sexo son prácticamente iguales), aunque por lo general, dentro de una misma clase edad, las hembras son más grandes.

La separación por sexos puede hacerse teniendo en cuenta el peso del pez, palpando a fin de poder distinguir el ovario (mucho más marcado que el testículo), o bien mediante la utilización de una pinza broncoscópica o un cateter que, una vez introducido en la gónada y recogiendo una muestra del tejido, nos permitirá averiguar el sexo al que pertenece el individuo en cuestión.



Pinza broncoscópica.



Cateter.

4.2. DESPARASITADO

Una vez separados por sexos, se desparasitan utilizando una mezcla de formol-verde malaquita (200 ppm Formol y 0,6 ppm Verde malaquita en baño, durante veinte minutos) o se someten a un tratamiento con antibióticos si se observa alguna enfermedad de tipo bacteriano.

En el caso de la dorada la utilización de agua con el 20 por mil de salinidad favorece el restablecimiento de los individuos más débiles. El uso de inyecciones intramusculares de vitamina C permite también un mejor acondicionamiento en el caso del rodaballo.

4.3. MARCADO

Los individuos sanos pueden marcarse al cabo de una semana. El marcaje se realiza a fin de poder distinguir desde fuera del tanque cada pez individualmente y saber así el sexo y la clase edad a la que pertenece.

En el caso del rodaballo el método más efectivo de marcaje es el uso de nitrógeno líquido. Para dorada, lubina y lenguado ninguno de los métodos comúnmente usados (uso de etiquetas, marcaje con hielo seco o nitrógeno líquido) es efectivo. El uso de etiquetas grapadas en la aleta dorsal además de provocar graves lesiones no permite una clara identificación. En algunas piscifactorías se utilizan tintas de colores inyectadas en la base de las aletas pectorales para identificar las doradas o lubinas que han sido sometidas a una inducción a base de hormonas.

4.4. STOCK DE REPRODUCTORES

Una vez marcados y desparasitados se procede a constituir cada stock de reproductores con individuos de 3-6 años en el caso de la dorada, lubina y rodaballo o de más edad, en el caso del lenguado. En el stock se ha de mantener una relación entre machos y hembras, distinta según la especie.

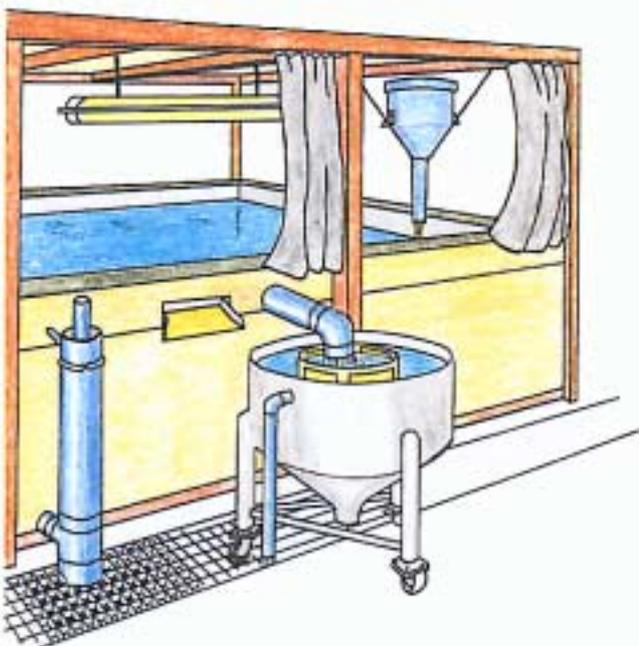
ESPECIE	VOLUMEN (m ³)	DENSIDAD (kg/m ³)	PESO (Kg)	EDAD años
DORADA	5 - 40	2 - 7	0,5 - 1	3 - 5
LUBINA	10 - 40	1,5 - 7	0,5 - 1	5 - 8
LENGUADO	5 - 20	1 - 3	0,5 - 0,7	3 - 5
RODABALLO	15 - 40	0,5 - 7	2 - 6	2 - 8

Tabla 4. Volumen, densidad, peso y edad ideales para constituir un stock de reproductores de distintas especies de peces cultivables.

4.5. TIPO DE TANQUES

4.5.1. Materiales y medidas

Los tanques utilizados pueden ser circulares, cuadrados o rectangulares. Su volumen puede ir de 5 a 40 metros cúbicos, con una altura de agua de 0,7 a 1,7 metros. Pueden ser de plástico, fibra de vidrio, hormigón, etc. En el caso de los peces planos, es interesante disponer arena en el fondo a fin de disminuir el stress a que están sometidos.



Tanque de reproductores.

4.5.2. Situación

Estos tanques pueden situarse tanto en el exterior como en el interior de la piscifactoría. El primer caso es el más adecuado a fin de obtener puestas naturales, el segundo es útil para puestas inducidas por foto-termoperíodo o por uso de hormonas. En estos casos es necesario individualizar los tanques mediante el uso de cortinas o disponiendo los tanques en salas independientes.

4.5.3. Distribución del agua

El agua se distribuye por medio de tuberías de PVC. Es conveniente disponer en cada tanque de agua a

temperatura ambiente, conducciones que permitan introducir agua calentada y agua enfriada a fin de regular la temperatura del agua, en función del termoperíodo que vayamos a utilizar.

4.5.4. Sistema de aireación

También se ha de disponer de un sistema de aireación para evitar posibles caídas en el oxígeno disuelto, lo que puede afectar grandemente a los peces.

4.5.5. Desagues

Además, dispondremos en el tanque de varios desagües: uno en el fondo que nos permita las maniobras de limpieza del tanque; otro en superficie, como rebosadero, a fin de evitar desbordamientos; el último desagüe, también en superficie, ha de estar conectado a un sistema de recogida de huevos en el caso de la dorada, lubina y lenguado, ya que no precisan de presión abdominal para realizar las puestas, liberándolas directamente en el agua.

5 ALIMENTACION DE REPRODUCTORES

Es uno de los puntos claves en el mantenimiento de los reproductores, por la influencia que tiene en la calidad de las puestas. La mayor parte de los peces deja de alimentarse durante la época de puesta. En ese período de tiempo el pez subsiste gracias a las reservas corporales acumuladas durante los meses anteriores. De ahí que sea muy importante cuidar su alimentación.

Durante mucho tiempo los reproductores de rodaballo, lubina y dorada se han estado alimentando con pescado fresco o congelado (dependiendo de la disponibilidad del mismo), junto con algún suplemento periódico de cangrejos o moluscos, en el caso de dorada y lubina. Actualmente la mayor parte de los fabricantes de piensos disponen de uno dedicado exclusivamente a la alimentación de reproductores, que suele contener un suplemento de vitaminas C y E, así como de aceite de pescado. Estos piensos, junto con incorporaciones periódicas de pescado fresco constituyen hoy en día la base de la alimentación de los reproductores de estas tres especies. La comida suele distribuirse en una sola dosis diaria, a saciedad ("ad libitum"), 2 o 3 días a la semana.

El caso del lenguado es distinto, ya que su alimentación está basada en la utilización de presas vivas, principalmente poliquetos y moluscos.

La dosis diaria de comida va a depender de la temperatura del agua (menor temperatura, menor dosis) y de la especie y tamaño del reproductor (mayor tamaño, menor dosis).

6 CUIDADOS Y MANEJOS DE LOS REPRODUCTORES

Diariamente debe realizarse un control de las variables físico-químicas del agua: temperatura, salinidad, contenido en oxígeno disuelto, caudal, a fin de evitar cambios bruscos en las mismas que puedan incrementar el stress al que se ven sometidos los peces.

Periódicamente debe realizarse también un control del estado de salud de los peces, vigilando la aparición de parásitos externos (principalmente el ciliado *Trichodina* sp.) o internos. Si éstos parásitos existen es necesario someter a los individuos al correspondiente tratamiento terapéutico. Asimismo se controlará la aparición de enfermedades bacterianas, administrando antibióticos, bien en forma de baño bien como comida medicada, si esto ocurriera.

Cuando la época de puesta está próxima es conveniente controlar el estado de los peces, observando el grado de distensión abdominal en las hembras y de espermiación en los machos. Para realizar estos controles, es deseable el uso de anestésicos a fin de evitar que los peces sufran procesos de atresia debidos al stress de las manipulaciones. Los anestésicos más usados son el MS 222, la Benzocaína y el 2-Fenoxietanol.

Como resumen, diremos que la consideración más importante para una correcta manipulación de los reproductores es evitar cualquier stress innecesario que ponga en peligro la viabilidad de las puestas.

Tratamientos sanitarios de reproductores de peces

PARASITOS	SINTOMAS	TRATAMIENTO
<i>Trichodina</i> sp.	Picores en la piel	200 ppm Formol + 0,6 ppm verde-malaquita (baños de 20 a 30 min)
Copépodos parásitos	Visibles, de color rojo en branquias	Neguvón 1 ppm en baños de 24 h, sin renovar agua ni aireación
<i>Entobdella solea</i> (en lenguado)	Visible en piel	300 ppm Formol + 1 ppm verde-malaquita (baños de 3 horas)
<i>Botryocephalus scorpii</i> (en el rodaballo)	Parásito interno. Inflamación del digestivo	5 mg por Kg pez de Praziquantel en el pienso
<i>Vibrio</i> sp.	Hemorragias en el digestivo	Baños durante 30 minutos de 50 ppm de Furazolidona o 12 mg/Kg pez de Flumequine, en el pienso

Autoevaluación

1 Relacionar ambas series de conceptos:

A	Cateter	1	Nitrógeno		
B	Antibiótico	2	Formol		
C	Marcaje	3	Separación		
D	Anestésico	4	Infección		
E	Antiparasitario	5	Benzocaina		

2 Completar las siguientes frases:

- Para obtener puestas naturales es preferible estabular los reproductores de peces en tanques
- Para obtener puestas inducidas es preferible estabular los reproductores de peces en tanques.....
- En los tanques de estabulación de reproductores se dispone de un desagüe de fondo para y otro de superficie para

3 Completar la siguiente ficha, para cada una de las especies citadas:

DORADA	LUBINA	RODABALLO
Capacidad del tanque de transporte		
Densidad de peces en el transporte		
Marcaje usual		

Aplicación

1 Elaborar un programa de actuación con reproductores de peces, desde el momento de llegada a la piscifactoría, hasta su estabulación definitiva.

2 ¿Qué se utilizaría para cada una de los siguientes faenados:

- Oxigenación del agua en transportes de más de 4 horas
- Estibación de bolsas de plástico en el transporte de reproductores de peces planos.
- Pesar un reproductor
- Control del pH del agua

3 Según lo indicado en el texto, en las piscifactorías se hace una selección genética, aunque gruesa, de los reproductores: ¿En qué momento y mediante qué mecanismo?.

Conoce tu entorno

1 Con ayuda de la bibliografía adecuada, define las siguientes ramas científicas y técnicas:

ZOOTECNIA
ZOOTECNIA GENERAL
ZOOTECNIA ESPECIAL
GENÉTICA
ETNOLOGÍA
BROMATOLOGÍA
VETERINARIA
PATOLOGÍA

5

Obtención de puestas

En una piscifactoría los reproductores se encuentran en un medio ambiente muy distinto al del medio natural. Este cambio modifica la aptitud de los peces a la hora de efectuar la puesta por lo que es necesario desarrollar una serie de mecanismos y técnicas que la induzcan y provoquen.

Prácticamente, la tecnología usada en las piscifactorías de todo el mundo se centra en cuatro técnicas: Puesta natural, Masaje abdominal, Inducción hormonal y Control del foto y termoperíodo.

1 PUESTA NATURAL

Es la más deseable, ya que no es necesario realizar ninguna manipulación sobre los reproductores. Se consigue reproduciendo en la piscifactoría las condiciones que el pez encuentra en la naturaleza.

Esta técnica está muy desarrollada en el Japón, donde se utiliza para la obtención de puestas de dorada japonesa (*Pagrus major*), usando tanques circulares de gran capacidad (40 a 70 metros cúbicos), bastante profundos (2 m), con una densidad de peces muy baja (1 kg/metro cúbico) y una relación de machos y hembras de 1:1. Se utilizan foto y termoperíodos naturales, por lo que los tanques suelen situarse al exterior de la piscifactoría. La puesta ocurre durante la época natural, es espontánea y con una alta viabilidad.

Esta técnica también se ha ensayado con el rodaballo, pero aunque las puestas son espontáneas la viabilidad observada es muy baja.

2 MASAJE ABDOMINAL

Especies como el rodaballo, la trucha o el salmón no liberan los huevos espontáneamente, es necesario forzarles a ello mediante la técnica de masaje abdominal o "stripping". Para ello se sacan los reproductores del tanque (con o sin anestesia) y se someten a un suave masaje en la zona abdominal hasta extraer los huevos de la hembra y el esperma de los machos.

Es conveniente realizar esta manipulación suavemente a fin de evitar la formación de heridas en la piel, por pérdida del mucus que la recubre.

La fecundación se realiza "in vitro", en seco. Al cabo de 15-30 minutos se añade agua para eliminar los restos de esperma y fluido ovárico, facilitar el endurecimiento del corión y permitir la separación de los huevos viables (que flotan) de los sobremaduros e inviables (que quedan en el fondo).

Tras 2 ó 3 horas se observa la aparición de las primeras divisiones, lo que nos permitirá calcular el tanto por ciento de fecundación (n° de huevos con divisiones multiplicado por cien y dividido todo ello por el número de huevos total).

Para realizar este proceso es necesario utilizar tanques de poca capacidad (12 a 20 metros cúbicos) y profundidad (menos de 1 metro) a fin de facilitar la captura de peces, que estarán convenientemente marcados.

Contenido

1. Puesta natural

2. Masaje abdominal

3. Inducción hormonal

4. Control del foto y termoperíodo

- 4.1. Lubina
- 4.2. Dorada
- 4.3. Rodaballo
- 4.4. Lenguado

5. Calidad de las puestas

- 5.1. Esperma
- 5.2. Huevos

La relación entre machos y hembras puede ser de 1 a 1 ó 2 a 1 en el caso del rodaballo. En cuanto a la densidad suele ser de 5 a 10 kg por metro cúbico.

La puesta se obtiene tanto bajo condiciones de foto y termoperíodo naturales como artificiales.

3 INDUCCION HORMONAL

Al igual que en el caso anterior, se utilizarán tanques de poca capacidad y profundidad a fin de permitir la captura de los peces. También se usan densidades y relaciones machos/hembras muy similares a las utilizadas en la técnica del "masaje abdominal".

La inducción hormonal se viene utilizando de forma rutinaria a la hora de obtener puestas de lubina, aunque también se ha usado con dorada y rodaballo.

La puesta se obtiene tras someter a las hembras a una inyección intraperitoneal de hormonas. Previamente es necesario realizar un control del desarrollo ovocitario, tomando muestras periódicas del ovario y de los oocitos, en los meses previos a la época de puesta, utilizando un catéter o una pinza broncoscópica. Midiendo el diámetro de los oocitos así obtenidos, se puede predecir el momento de la ovulación y proceder a la inducción hormonal.

Hasta hace poco tiempo la hormona más utilizada ha sido la HCG (Gonadotropina coriónica humana) suministrada en dosis de 500 U.I./Kg de hembra. Esta hormona, al no ser específica, provoca reacciones antigénicas en los peces (endurecimiento gonadal, etc), por lo que se ha dejado de emplear, siendo sustituida por análogos estructurales de LH-RH. La LH-RH, al inducir la síntesis de la Gonadotropina por parte del pez no provoca tales reacciones, aunque tiene el inconveniente de ser muy cara, si bien han de utilizarse dosis muy pequeñas (10 microgramos por Kg de hembra).

Tras la inyección la hembra es aislada, junto con dos machos, en un tanque de puesta, donde, al cabo de dos días, se realiza la liberación espontánea de los gametos. Por lo general, las hembras sometidas a inducción hormonal se marcan usando tinta de colores bajo la aleta pectoral a fin de evitar repeticiones en la inducción.

4 CONTROL DEL FOTO Y TERMOPE- RIODO

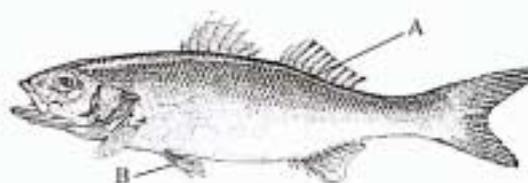
Todos los peces marinos cultivados cuentan con una época de puesta natural, distinta según la especie y dependiente de las condiciones de iluminación (en cuanto a la longitud del día y la noche) y de temperatura.

Es imprescindible, pues, antes de someter a los peces a una inducción basada en el mecanismo de control del foto y termoperíodo, conocer las condiciones bajo las cuales ocurre la puesta en el medio natural.

Tomando como ejemplo las cuatro especies citadas:

4.1. LA LUBINA

La lubina sufre los procesos de gametogénesis durante 3 ó 4 meses, desde septiembre a enero, con unas condiciones de temperatura (que baja de 20°C a 8°C) y unas condiciones de fotoperíodo (en las que las horas de luz bajan desde 14 a 8,30 horas) decrecientes. Más tarde tiene lugar la puesta, abarcando los 3-4 meses siguientes, seguida de un período de reposo sexual que suele tener lugar en el verano.



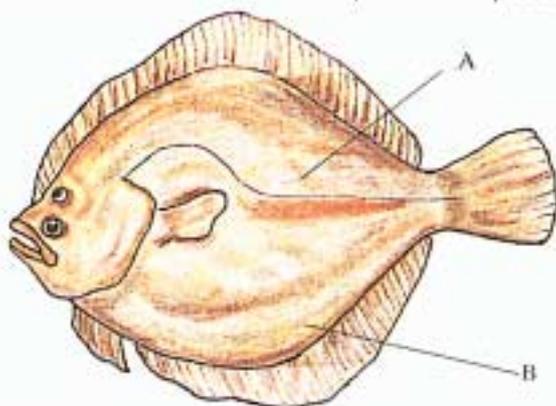
A. lugar de inyección de hormonas.
B. lugar de marcaje con tinta china.

4.2. LA DORADA

La dorada, igual que la lubina, es un pez de puesta invernal. La Gametogénesis tiene lugar durante el otoño, a lo largo de 3 meses, con unas condiciones de temperatura (de 18° baja a 9°C) y fotoperíodo (de 16 horas de luz baja a 8,30 horas) decrecientes. La puesta se produce a lo largo de los 5-6 meses siguientes, tras los cuales el pez entra en reposo sexual.

4.3. EL RODABALLO

El rodaballo es, sin embargo, una especie cuya puesta tiene lugar durante la primavera y principios del verano. La gametogénesis, que dura 5 meses (de diciembre-enero a abril-mayo) precisa de temperaturas (de 7°C sube a 12°C) y fotoperíodos (de 8 horas de luz sube a 17 horas) crecientes. La puesta se produce durante los 3-4 meses siguientes, seguida a su vez de un período de reposo sexual.



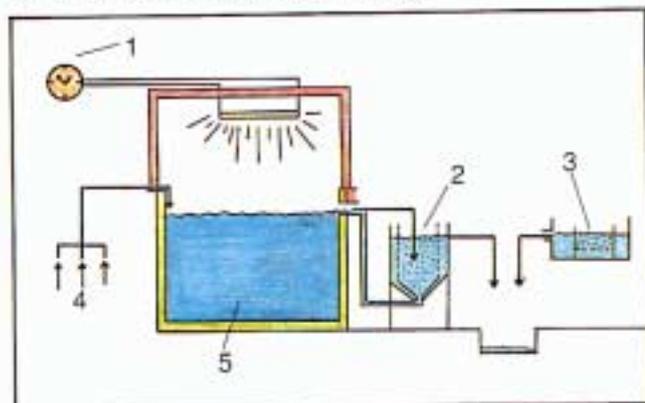
A. Zona de marcaje con Nitrogéna.
B. Zona de masaje abdominal.

4.4. EL LENGUADO

El lenguado es también un pez de puesta primaveral, aunque ésta ocurre más temprano que en el rodaballo. Para la gametogénesis que dura 3 meses (de octubre a enero) necesita condiciones de temperatura en torno a los 6-12°C y fotoperíodo decreciente (10 horas luz baja a 8 horas). La puesta tiene lugar durante los 3 meses siguientes y, de nuevo, precisa de un período de reposo sexual.

ESPECIE	GAMETOGENESIS			PUESTA		
	Tiempo	T.°	Luz	Días	T.°	Luz
LUBINA	9-1	20 a 8	14 a 8,30	74	9 a 16	8,3 a 16
DORADA	9-12	18 a 9	16 a 8,30	107	15 a 17	9 a 15,3
LENGUADO	10-1	6 a 12	10 a 8,30	51	8 a 12	11 a 16
RODABALLO	12-5	7 a 12	8 a 17	50	13 a 15	10 a 17

Tabla 5. Duración de los procesos, condiciones de temperatura y fotoperíodo de la gametogénesis y puesta en diferentes especies de peces cultivables.



Esquema de un tanque tipo sometido a condiciones de control de foto y termoperíodo. 1. Control de luz. 2. Colector de huevos. 3. Incubador. 4. Control de temperatura. 5. Reproductores.

5 CALIDAD DE LAS PUESTAS

Las primeras experiencias realizadas usando las curvas de fotoperíodo natural para modificar la época de puesta, consistieron en contraer los ciclos de luz de 12 meses a 9 ó 10 meses. De este modo se conseguía adelantar la puesta, pero se reducía el período de reposo sexual (durante el cual los peces reconstruyen sus reservas corporales para la siguiente puesta) al mínimo, lo que producía una severa reducción en la calidad de las puestas obtenidas.

Hoy en día, partiendo de las curvas naturales de luz y temperatura, se suelen utilizar ciclos estables de 12 meses que se desplazan en el tiempo a fin de conseguir puestas adelantadas o retrasadas.

Para utilizar esta técnica de inducción no se necesita ningún tipo especial de tanque ni una densidad o relación machos/hembras determinada. Por lo general se utiliza

de manera conjunta con las otras técnicas de masaje abdominal o inducción hormonal, ya que con el control del foto o termoperíodo lo que se pretende es adelantar o retrasar el período de maduración del pez. A la hora de obtener las puestas se usarán los otros métodos.

Los requerimientos instrumentales de esta técnica de control se reducen a un temporizador conectado al sistema de iluminación de los tanques, a fin de variar semanalmente el número de horas de luz, en función del fotoperíodo utilizado, así como un sistema de enfriamiento y/o calentamiento del agua, para poder regular la temperatura al mismo tiempo que el fotoperíodo.

Los tanques deben estar aislados, bien con cortinas, bien disponiéndolos en salas separadas.

Es deseable contar con, al menos, 3 stocks de reproductores, cada uno con un fotoperíodo distinto (adelantado, natural y retrasado), para que la piscifactoría pueda abastecerse de huevos durante todo el año.

Las puestas emitidas, tanto de forma natural como por inducción, no siempre son viables. Es bastante frecuente encontrar en el tanque colector huevos que no han sido fecundados o que, aunque fecundados, presentan un alto índice de mortalidad durante la incubación. También es muy frecuente que los rodaballos, sometidos siempre a masaje abdominal, emitan huevos sobremaduros e incapaces de ser fecundados. De ahí que gran parte de la investigación actual sobre este tema esté centrada en la evaluación de los distintos parámetros de calidad.

A priori hay una serie de variables que nos permiten identificar si la puesta obtenida es de buena calidad, o cuando menos nos permiten separar los huevos malos de los buenos, a pesar de que en muchas ocasiones esto no conlleva un aumento de la supervivencia larvaria.

5.1. ESPERMA

En el caso del esperma la movilidad es el único indicador de calidad, ya que el esperma inmóvil carece de poder fecundante.

5.2. HUEVOS

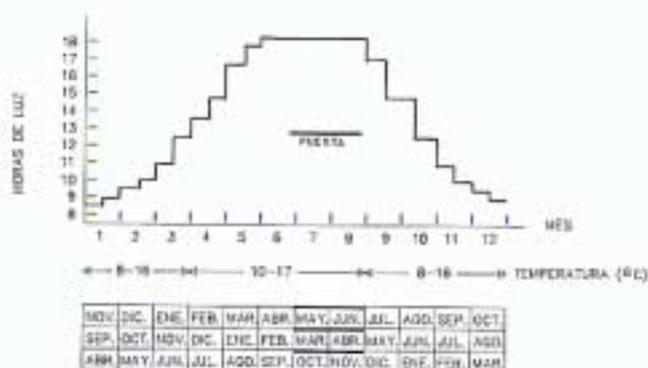
En el caso de los huevos hay distintos parámetros que se pueden utilizar:

- La flotabilidad: Una vez fecundados y añadida agua a fin de eliminar restos de esperma y fluido ovárico, el huevo bueno flota, mientras que el sobremaduro queda en el fondo.
- El número de gotas de grasa: En el caso del rodaballo y la dorada, la presencia de más de una gota de grasa es síntoma de mala calidad de la puesta.
- La transparencia: el huevo bueno suele ser transparente, el sobremaduro es amarillento.

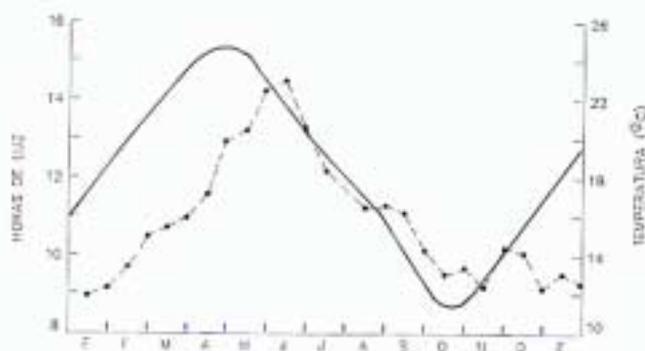
- La forma: El huevo bueno es claramente esférico mientras que el sobremaduro presenta un contorno irregular.

- La simetría de las divisiones: Durante la 1ª (2 células) y la 2ª (4 células) divisiones, la asimetría de las mismas es un indicador de mala calidad.

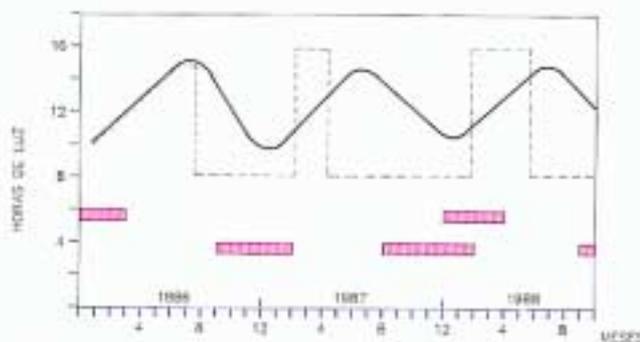
Es conveniente, pues, realizar un control de estos parámetros antes de proceder a la incubación. Para un piscicultor es más rentable eliminar las puestas de mala calidad que conservarlas y obtener una baja viabilidad.



Control del fotoperíodo en el rodaballo. La barra oscura indica época de puesta.



Época de puesta de la lubina sometida a un ciclo natural de foto (línea continua) y termoperíodo (línea con puntos). Las flechas indican la época de puesta.



Puesta natural (línea continua) y por inducción con fotoperíodo (línea discontinua). Las barras oscuras indican la época de puesta natural, las claras de época de puesta con fotoperíodo.

Autoevaluación

- 1 Cubrir la siguiente ficha, referida a la puesta natural:
CAPACIDAD DE LOS TANQUES
RELACION DE MACHOS Y HEMBRAS
DENSIDAD DE REPRODUCTORES
TERMO Y FOTOPERIODO
- 2 Cubrir la siguiente ficha, referida al masaje abdominal:
CAPACIDAD DE LOS TANQUES
RELACION DE MACHOS Y HEMBRAS
DENSIDAD DE REPRODUCTORES
TERMO Y FOTOPERIODO

Aplicación

- 1 Elaborar un listado ordenado de faenas a realizar una vez decidido obtener la puesta de unos determinados reproductores de rodaballo por masaje abdominal, hasta el momento de iniciar la incubación.
- 2 Ordenar la secuencia de las siguientes faenas, a realizar en la obtención de puestas por inducción hormonal:
Inyección intraperitoneal de hormonas a las hembras
Marcaje de las hembras
Medición del diámetro de los oocitos
Empleo del cateter o pinza broncoscópica
Aislamiento en el tanque de puesta

Conoce tu entorno

- 1 La influencia de la luz en la reproducción es un fenómeno ampliamente representado en la naturaleza. Citar tres especies animales, no peces, que presenten claramente ese fenómeno.
- 2 ¿En todos los peces se produce esa influencia de la luz en la regulación del ciclo reproductor? Si la respuesta es negativa, citar algunas en los que la luz no afecte en ese sentido.
- 3 Con ayuda de la bibliografía adecuada, investigar los periodos de puesta natural de los siguientes peces comerciales:

	PERIODO DE PUESTA NATURAL EN AGUAS CERCANAS
SARDINA	
BACALADILLA	
ABADEJO	
ATUN	
CONGRIO	

6

Incubación

La incubación es el proceso durante el cual el huevo fecundado sufre todo el proceso de la embriogénesis. Ha de tener lugar en condiciones adecuadas de luz, temperatura, salinidad y renovación de agua a fin de evitar perturbaciones que puedan causar algún daño al embrión.

Dado que el tipo de puesta es muy distinto en peces de agua dulce y en peces marinos, la incubación también seguirá también pautas diferentes.

1 INCUBACION EN PECES DE AGUA DULCE

En peces de agua dulce, la incubación se realiza en incubadores de poca capacidad (pocos litros) e incluso en cajas con el fondo cubierto de malla, dispuestos en el interior de canales.

La renovación de agua es muy alta a fin de evitar la aparición de hongos u otros agentes patógenos. La temperatura es variable según sean especies de aguas frías (salmónidos) o de aguas calientes (tilapia, carpa, etc).

El desarrollo embrionario es muy largo en el tiempo. El alevín eclosionado tiene un tamaño relativamente grande y es posible empezar la alimentación directamente con pienso.

2 INCUBACION EN PECES MARINOS

En peces marinos, la incubación se realiza en incubadores de mayor capacidad (100 a 500 litros), con o sin renovación de agua y siempre inferior a la utilizada en los salmónidos.

Las condiciones de temperatura y salinidad serán distintas en función de la especie, pero constantes a lo largo del desarrollo. El tanque ha de estar provisto de un sistema de aireación que facilite la flotación de los huevos. El tiempo de incubación es función de la temperatura del agua.

La larva eclosionada es de muy pequeño tamaño, frágil, con una actividad locomotora, digestiva y visual reducida. Esta larva, tras un tiempo de alimentación endógeno por medio del vitelo, necesita alimento vivo en cantidad suficiente.

3 TIPOS DE INCUBADORES PARA PECES MARINOS

El riguroso control de las condiciones de incubación que requiere el cultivo de los peces marinos impuso a los piscicultores la necesidad de diseñar unos artefactos y estructuras que permitieran ese control.

Describimos en este capítulo los tres tipos de incubadores más usados en las piscifactorías actuales: estático, tipo "upwelling" y motorizado.

Contenido

1. Incubación en peces de agua dulce

2. Incubación en peces marinos

3. Tipos de incubadores para peces marinos

- 3.1. Incubador estático
- 3.2. Incubador tipo "upwelling"
- 3.3. Incubador motorizado

4. Influencia de los factores ambientales

- 4.1. Oxígeno
- 4.2. Temperatura
- 4.3. Salinidad
- 4.4. Choques mecánicos

5. Transportes de huevos embrionados

3.1. INCUBADOR ESTÁTICO

Utilizado inicialmente para el rodaballo, ha sido sustituido paulatinamente por el incubador tipo "upwelling". La incubación se realizaba durante los 3 primeros días en tanques de 180 litros con circuito abierto (1 litro/minuto), pasando luego a tanques cuadrados de 90 litros, sin circulación de agua y utilizando agua filtrada, a 12-14°C y 34-35 por mil de salinidad.

Dado que el agua está estancada, a fin de evitar el crecimiento bacteriano, se añadía una dosis de 50 ppm de sulfato de streptomina y Penicilina sódica.

La incubación se realizaba con luz continua y densidades de 1000 huevos por litro. Los resultados de eclosión (60 a 100%) eran bastante satisfactorios.

En estas condiciones la embriogénesis tiene una duración de 6 días a 14°C o 7 días a 12°C.

3.2. INCUBADOR TIPO UPWELLING

Es el más utilizado actualmente para todas las especies marinas cultivadas. Consta de un tanque cilíndrico con fondo cónico, con capacidad para 100 a 500 litros y color blanco o negro. La entrada de agua suele realizarse desde el fondo, de manera que la corriente de agua ascendente permite la flotación de los huevos. Está provisto además, de un sistema de aireación y un desagüe superior con un tambor o cilindro de malla que impide la pérdida de huevos. La renovación de agua es siempre continua (1 litro/minuto), lo que permite mantener densidades de 5.000 a 9.000 huevos por litro.

Se pueden utilizar antibióticos en los primeros días de incubación, aunque si previamente se ha utilizado agua estéril no resulta necesario.

Los regímenes de temperatura, salinidad e iluminación varían en función de la especie y permanecen constantes.

En cuanto a la aireación es interesante mantenerla constante y con un flujo débil a fin de evitar choques mecánicos de los huevos con las paredes del incubador que puedan incidir en el aumento de la deformación larvaria.

La recogida de huevos muertos en este incubador se realiza por el fondo, manteniendo el tanque, durante un corto período de tiempo, con la aireación y la entrada de agua cerradas.

3.3. INCUBADOR MOTORIZADO

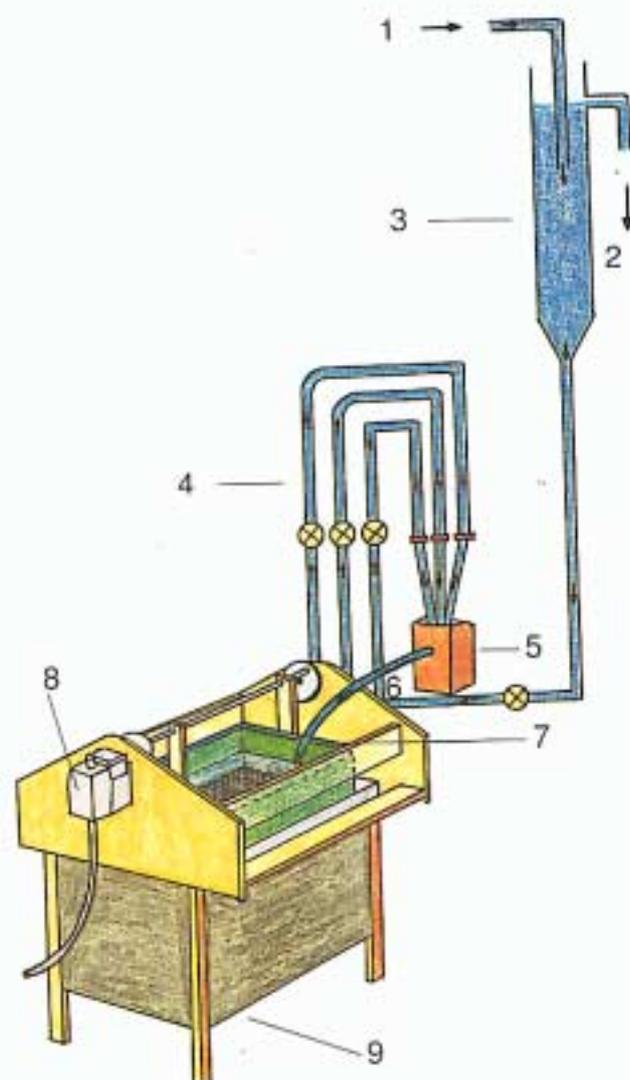
Se ha utilizado en Francia a nivel experimental. Consta de una caja con fondo de malla conectada a un motor. Una vez por minuto el motor proporciona un movimiento vertical alternante lo que permite una alta oxigena-

ción del agua (mayor del 80%) a la vez que una agitación suave.

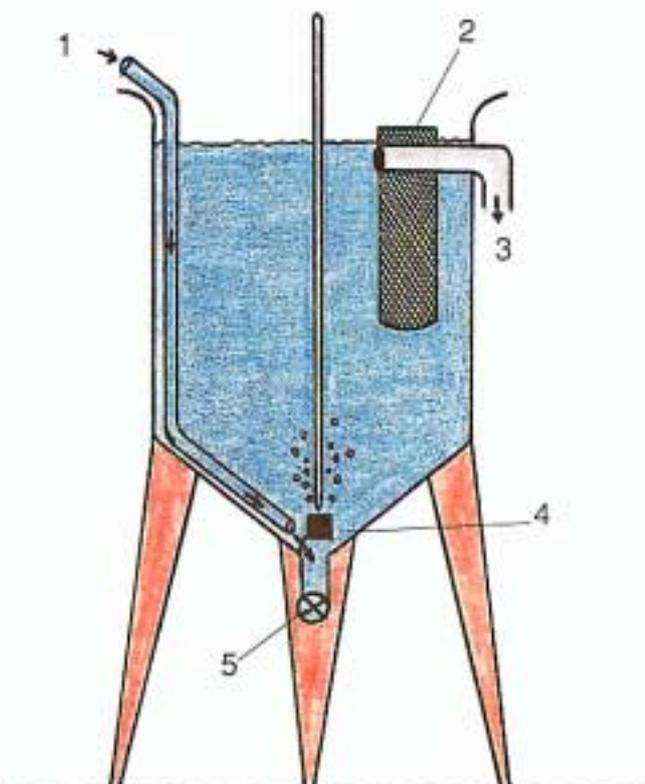
Todo el sistema se introduce en un tanque de 35 litros con agua filtrada y una renovación de 2 litros por minuto. La temperatura y la salinidad se mantienen constantes gracias a un contenedor de mezcla.

Los huevos se disponen en tanques de 1 litro situados en el interior de la caja con malla. Se pueden mantener densidades de 1.000 a 10.000 huevos por litro, con iluminación durante 12 a 15 horas.

Entre las ventajas de este incubador destacan el que ocupa muy poco espacio, permite la incubación de gran cantidad de huevos al mismo tiempo y evita los choques que sufren los huevos contra el incubador, como ocurre con el incubador tipo "upwelling".



Incubador motorizado. 1. Entrada de agua. 2. Desagüe. 3. Recipiente de compensación. 4. Cuadralimero. 5. Contenedor de mezclas. 6. Entrada de agua en el incubador. 7. Caja plástica con fondo de malla. 8. Motor de 1 rpm. 9. Tanque de 35 l.



Incubador "upwelling". 1. Entrada de agua. 2. Cilindro de malla para impedir pérdida de huevos. 3. Desagüe. 4. Piedra difusora de aire. 5. Válvula de purga.

4 INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LA INCUBACION

Ya hemos dicho que durante el período de incubación es imprescindible controlar adecuadamente numerosos factores ambientales. Entre ellos cabe destacar los siguientes.

4.1. EL OXIGENO

Resulta indispensable mantener alta la concentración de oxígeno disuelto, entre un 80 y un 100% de saturación. Cualquier problema de falta de oxígeno provocará la mortalidad del huevo y embrión. La renovación continua del agua tiene por objetivo mantener constantes estas condiciones de oxigenación.

4.2. LA TEMPERATURA

Generalmente se utiliza, durante la incubación, la misma temperatura de la puesta. Como es lógico varía en función de la especie:

13 a 15°C para el rodaballo y la lubina

11 a 13°C para el lenguado

15°C aproximadamente, para la dorada.

Bajo estas condiciones la duración de la embriogénesis también varía según las especies. En cualquier caso oscila entre 3 y 5,5 días.

Cualquier incremento de temperatura permite una aceleración del proceso de embriogénesis, pero provoca una mayor frecuencia de deformación larvaria y un consumo más acelerado de las reservas vitelinas.

4.3. LA SALINIDAD

Suele mantenerse en torno al 25-35 por mil. La variación de este factor no afecta a la duración de la embriogénesis, pero sí tiene un efecto negativo, junto con la temperatura, sobre la frecuencia de malformaciones; especialmente si la bajada de salinidad ocurre durante los estadios más frágiles (Mórula y Preeclósión).

En rodaballo y lenguado la salinidad del 25 al 35 por mil produce un 70% de larvas normales, frente al 50% obtenido con una salinidad del 15 por mil. Una salinidad que disminuya hasta un 10 por mil, es letal para toda la población.

4.4. CHOQUES MECANICOS

Una aireación excesiva en los incubadores provoca movimientos muy bruscos, con los consiguientes choques de los huevos y embriones contra las paredes.

Durante los períodos más sensibles de la embriogénesis este tipo de aireación contribuye a aumentar el tanto por ciento de deformación, por lo que la aireación debe ser débil pero lo suficiente para mantener la flotabilidad y un reparto homogéneo de los huevos en el incubador.

5 TRANSPORTE DE HUEVOS EMBRIONADOS

Suele realizarse durante los primeros días de la incubación, evitando los estadios más frágiles.

Generalmente se utilizan bolsas dobles de plástico con una relación de 1 volumen de agua, 1 volumen de oxígeno puro y una densidad de huevos bastante alta (5.000 a 10.000 huevos por litro), que se reduce cuando el transporte tiene una duración superior a las 24 horas y una temperatura igual a la de la puesta. Estas bolsas suelen introducirse en cajas isotérmicas a fin de mantener la temperatura durante todo el transporte y evitar la aceleración del desarrollo embrionario.

Autoevaluación

- 1** Complimentar la ficha, respecto de un incubador estático para rodaballo:
Forma y capacidad del tanque
Número de huevos por litro
Características del agua
Renovación del agua
Antibióticos aplicados
- 2** Complimentar la ficha, respecto de un incubador tipo "upwelling":
Forma y capacidad del tanque
Número de huevos por litro
Características del agua
Renovación del agua
Oxigenación
Empleo de antibióticos
- 3** Complimentar la ficha, respecto de un incubador motorizado:
Forma del tanque
Capacidad del tanque
Número de huevos por litro
Características del agua
Renovación del agua
Oxigenación
Uso de antibióticos

Aplicación

- 1** Rellenar la siguiente ficha, referida al transporte de huevos embrionados de rodaballo:
Capacidad de las bolsas
Número de huevos por litro
Características del agua
Oxigenación
Regulación de temperatura
- 2** Construir un incubador estático a escala, con tanques de 18 litros (3 primeros días) y 9 litros.

Conoce tu entorno

- 1** El uso de incubadoras es una técnica ampliamente utilizada en zootecnia, por ejemplo, en la cría de pollos. Fabricar una incubadora para huevos de gallina es fácil. Intentar construir una, y ver la relación con los incubadores empleados en el caso de los peces, respecto de:
 - Control de temperatura
 - Duración de la incubación
 - Control de parámetros del ambiente que rodea a los huevos.

Términos del texto recogidos en el glosario

A

Acuicultura
Adenohipófisis
Aireación
Aireador
Aleta
Anafase
Anfigonia

B

Bipartición
Blastómero
Blástula

C

Cateter
Centriolo
Centrómero
Cigoto
Citocinesis
Citoplasma
Conjugación
Crecimiento
Cromátida
Cromatina
Cromosoma

D

Diencéfalo
Dimorfismo
Diploide

E

Embolia
Embriogénesis
Endocrina
Endogamia
Engorde
Epibolia
Epitelio
Escisión
Esperma
Espermátida
Espermatocito
Espermatogonia
Espermatozoide
Espermiducto
Espermiogénesis
Espora
Esteroides
Estrés

F

Fagocitosis
Fecundación
Ferohormona
Filogenia
Flagelo
Fotoperiodo
Fotorreceptor
Fototermoperiodo

G

Gameto
Gástrula
Gemación
Germinal
Glándula endocrina
Glándula pineal
Granja de peces
Gónada
Gonoporo

H

Hermafrodita
Hermafroditismo proterándrico
Hermafroditismo proterogínico
Hipófisis
Hipotálamo
Hormona
Huevo
Huso acromático

I

Incubación
Incubador
Incubador estático
Incubador motorizado
Incubador tipo "upwelling"
Inducción

M

Maduración
Marcaje
Masaje abdominal
Meiosis
Metafase
Micrópilo
Mitocondria
Mitosis
Mórula

N

Néurula
Neurohipófisis
Notocorda
Núcleo

O

Oocito
Oogénesis
Oogonia
Ovario
Ovario asincrónico
Ovario sincrónico por grupos
Ovario sincrónico total
Oviducto
Ovíparo
Ovogénesis
Ovovivíparo
Ovulación
Ovulo

P

Parásito
Partenogénesis
Patógeno
Pienso
Pinza broncoscópica
Piscifactoría
Profase
Puesta

R

Reproducción asexual
Reproducción sexual

S

Somático
Stock

T

Telofase
Testículo

U

Unisexual

V

Vitelo
Vivíparo