

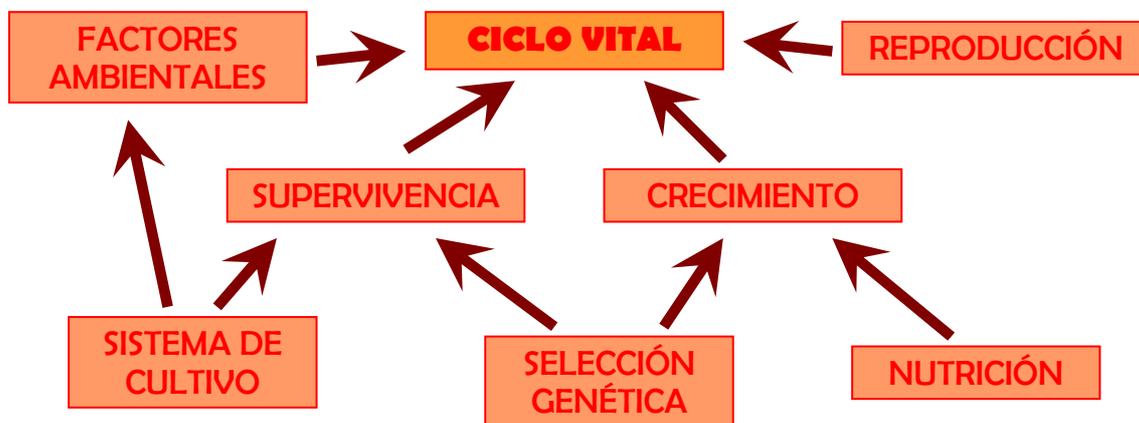
PISCICULTURA



Apuntes curso 07/08

Tema 1: Introducción a la acuicultura. Historia. Tendencias actuales.

Acuicultura: producción de organismos acuáticos. Es una producción de alimentos. Para alimentar a la población mundial en este milenio es necesario cambiar la mentalidad porque hemos abusado mucho del planeta. Antes se pensaba que los recursos naturales (como el mar) eran inagotables. Para mantener la población hace falta renovar los recursos naturales y esto debe ser sostenible. Para conseguir esta producción de organismos acuáticos es necesario controlar y manipular el ciclo vital de estos organismos, y para ello hay que controlar los factores ambientales. En la manipulación del ciclo hay, también, que controlar la reproducción, el crecimiento, que a su vez se controla con la nutrición y la selección genética; y por último para controlar el ciclo hay que controlar la supervivencia, a través del control de las enfermedades, por la mejora genética y los sistemas y diseños. Los sistemas y diseños nos facilitan por último en control de los factores ambientales.



¿Cuál es la primera causa de mortalidad en el mundo? El hambre y la malnutrición (deficiencias de proteínas).

Existen 842 millones de personas malnutridas en el mundo, de ellos 130 millones son niños, y afecta al 30% de los niños en los países pobres. 6 millones de niños menores de 5 años mueren anualmente de hambre.

Por el contrario, en los países industriales, la gente muere por sobrepeso (sobrealimentación). Las consecuencias del sobrepeso son: riesgo cardiovascular, hipertensión, diabetes, cáncer... Aproximadamente 1100 millones de personas tienen sobrepeso. Estas cifras superan a las de malnutrición.

¿Qué tiene que ver la acuicultura con esto? La producción de pollo ha aumentado poco, la de cerdo y vaca se han mantenido, pero el gran incremento se está produciendo en acuicultura.

En los últimos 20 años, ha crecido un 10% anual. El resto sólo ha alcanzado hasta el 3%.

La acuicultura es muy productiva en términos económicos y fisiológicos. Es muy eficiente, los peces aprovechan mucho más los alimentos. Por ejemplo, si comparamos una hectárea de cultivo de mejillón (250 toneladas) con una de pollo (2,5), el espacio es mejor utilizado en la producción de mejillón en acuicultura que en el de pollo o cualquier otra producción.

La acuicultura como fuente de alimento: Somos 7000 millones de personas en el mundo, con un consumo de 14-16 Kg/persona al año. España es el 2º país en el mundo que más come pescado después de Japón. El consumo es de casi 30 Kg/persona al año. El consumo en Canarias es menor: 16,7 Kg/pescado al año.

¿De dónde viene el pescado que nos comemos? La cantidad de recursos pesqueros que no eran explotados era del 75%. En la actualidad ha pasado a ser un 5%. De todos los bancos de pesca del mundo, el 80% está totalmente explotado o sobreexplotado. El 25% ha sido destruido. Ya no hay más pescado que sacar. Quizás en unos años sólo mantengamos el 50%.

A mitad de los años 80, la producción de la pesca era de 80 millones de toneladas y actualmente esa cantidad se ha mantenido estable.

En esa época, la acuicultura sólo producía un 10% y en la actualidad produce la mitad de los productos pesqueros. Pero esto varía según las especies:

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Salmón 100% | |
| Ostra, carpas >90% | vienen de la acuicultura |
| Mejillones, vieiras >70% | |
| Langostinos >25% | |

Objetivos de la acuicultura: Es la producción de alimentos. Pero tiene otros objetivos:

- En algunos países se utiliza para aumentar la producción de proteínas. Por ejemplo Sudáfrica.
- En otros para mejorar la malnutrición. En Rusia y China, para mejorar deficiencias de minerales como fósforo, yodo...
- En otros se utiliza para complementar la pesca. Japón ha acabado totalmente con los stocks de su zona y de las otras. Tratan de recuperar los stocks naturales con la repoblación de la dorada, el atún... En España se está intentando repoblar la oreja de mar.
- En otros países se dedican a crear puestos de trabajo en áreas rurales, porque hay emigración hacia la ciudad e interesa desarrollar el área rural. Ejemplo: Vietnam.
- También se utiliza para corregir la balanza exterior de pagos. Esto pasa en los países sudamericanos como Brasil o Chile. Chile exporta alimentos al exterior de la acuicultura, es el 4º,5º país principal productor, hace 20 años ahí no había nada de acuicultura.
- En China o Dinamarca utilizan aguas residuales ricas en minerales como fosfatos y nitrógeno, los utilizan para crar algas que sirven para darle de comer a las lapas, orejas de mar...
- En algunos países se utiliza para mantener la pesca deportiva y la acuarofilia (los peces se cogen del mar) como en Canadá (la pesca de salmones) y Estados Unidos.
- Otro objetivo es promover el desarrollo agroindustrial de la zona
- Diversificar la economía. Esto ocurre en Canarias. Su economía es muy débil porque depende del turismo, de la construcción, del plátano... y ahora se intenta de la acuicultura.

China produce más del 50% de la producción mundial de acuicultura. España ocupa la posición número 17 del mundo.

La última estadística de producción (FAO) en 2005: 63 millones de toneladas de productos de acuicultura. No sólo se cultivan peces, también moluscos, algas...

La producción mayor en el mundo es de peces: Muy parecida a las de plantas y moluscos. Pero se producen muy pocos crustáceos porque son muy difíciles de producir y tienen un crecimiento muy lento. Los crustáceos que se producen en la acuicultura son los cangrejos, langostinos (90%).

Todos los crustáceos tienen muchas fases larvarias. Cada fase larvaria es distinta y pasa de un estado a otro en días. Su fisiología es muy compleja, se producen en extensión (necesitan mucho espacio y éste es muy costoso). La langosta es más difícil.

HISTORIA DE LA ACUICULTURA

Tiene un fin comercial apoyándose en la ingeniería y la economía para desarrollarse.

La piscicultura comenzó en Egipto, con el cultivo de tilapias en estanques, sobre el 2500 AC. Luego le sigue China hacia el 475ac. Donde Fan Lei escribió "Clásico cultivo de peces", el libro más antiguo sobre acuicultura. Los egipcios pasaron sus técnicas a los romanos y griegos. Fue cuando Aristóteles escribió un tratado sobre el cultivo de ostras, Plinio el Viejo escribió el Tratado de Historia Natural del Cultivo de Ostras y Salmonetes (Roma) y por último Séneca escribe sobre el cultivo de peces.

En Roma desarrollaron unos tanques donde introducen el exceso de capturas de los pescadores, pero no eran capaces de alimentar estos peces.

En China se comenzó con el cultivo de la carpa (*Cyprinus Carpio*), y se extendió a Japón con el cultivo de ostras (*Crassostrea ssp*) y en Camboya se desarrolló el cultivo del pez gato en unas empalizadas en la costa, que pronto recibirían el nombre de cultivo en jaulas.

En la Edad Media, los viajeros trajeron a Europa el cultivo de la carpa que aún se mantiene en los países del Este. En el siglo XIV, el cultivo más importante, que aún se desarrolla en la actualidad, es el de la trucha que se desarrollaba en los conventos. Es por esto, que fue Don Pichot, un monje, el que realizó la primera fertilización en los peces. El cultivo de la carpa pasa luego a Egipto.

Entre el s. XVI-XVII se desarrolla el cultivo o técnica de Vallicultura, que consisten en lagunas costeras (valli) que se forman en la desembocadura de los ríos. Las lagunas formadas por el río Po Conataio en el s. XIV eran utilizadas por los romanos como cultivo extensivo. Para ello ponían empalizadas cerrando la salida, pero dejando entrar a los peces. El cardenal Palotta construyó canales que controlaban el volumen de entrada de agua dulce o salada y la cantidad de especies. Este tipo de cultivo se extendió por toda Italia y aún se conserva.

A mediados del s. XIX se crearon barcos capaces de navegar distancias más largas y con mayor seguridad, con lo que se comenzó a pescar, con más frecuencia y en más cantidad, en zonas más alejadas de la costa como la zona del Labrador (Atlántico norte) con lo que a final del siglo se tenía por una sobreexplotación. Así comenzaron a desarrollarse los criaderos o Hatchery, que consistían en un espacio donde se mantienen un stock de reproductores y se cultivan los alevines. En Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Noruega comenzaron a cultivarlos en criaderos y antes de la Primera Guerra mundial se habían liberado al mar más de 3 millones de peces. Pero esto no mejora la situación, ya que continuaba la sobreexplotación, por lo que se crearon una serie de medidas para controlar la pesca. A mediados de los años 70 aparece lo que se conoce como acuicultura moderna, debido a unos factores:

- Rápido incremento de la población mundial.
- Incremento del consumo *per cápita* de productos acuáticos.
- Estabilización de las capturas.
- Acotamiento de las zonas pesqueras de cada país.
- Incremento del precio de combustible.

Tema 2: Sistemas de cultivo. Diferentes tipos de Piscicultura. Sistemas extensivos. Sistemas intensivos.

Tipo; de cultivo: Los tipos de cultivo se pueden clasificar según las técnicas que utilicen:

- Cultivo en esteros
- Cultivo en tanques
- Cultivo en jaulas

El **cultivo en estero** se desarrolla en extensiones del mar hacia tierra (normalmente un pequeño estuario, o sus ramificaciones) En acuicultura se utilizan para cultivar especies marinas de forma más o menos controlada (normalmente doradas, lubina, lenguado...

El **cultivo en tanques y en estanques**

- En tanque: El cultivo se desarrolla en recintos de agua, a cubierto, en naves industriales, etc. Normalmente, el tanque tiene dimensiones pequeñas, con un volumen de hasta 10 m³.
- En estanque: está en el exterior, sin cubierta, generalmente tiene más de 10 m³

Cultivo en jaulas: Las jaulas son estructuras que generalmente están en el mar, estas jaulas permiten la entrada y salida de agua, pero impiden la salida de los peces que se encuentran en su interior. Las jaulas pueden ser de distintos tipos.

Tipo; de Acuicultura: Existen distintos tipos de acuicultura, que se clasifican de distintas formas:

Según el organismo que cultiven:

- Ostricultura; cultivo de ostras
- Piscicultura; cultivo de peces
- Mitilicultura; cultivo de mejillones
- Talasocultura; cultivo de algas

Según el medio de cultivo:

- Maricultura: Cultivo en el mar
- Cultivo en agua dulce
- Cultivo en agua salobre (se realiza para langostinos y lebranchos)

Según las características del medio:

- Acuicultura de aguas frías (trucha, salmón, rodaballo)
- Acuicultura tropical (peces de acuario, p. payasos...)

En general, todos estos tipos de acuicultura pueden ser de dos tipos, **según su intensidad:**

Acuicultura extensiva: Se realiza con poca densidad de organismos, normalmente en grandes extensiones. En un cultivo puramente extensivo, todo el alimento del sistema proviene de sí mismo (endógeno), el hombre no aporta nada.

Acuicultura intensiva: Es aquella que se realiza con una gran densidad de organismos, en extensiones más limitadas. En un cultivo intensivo, el hombre aporta todo el alimento.

Por ejemplo usaremos “una marisma”

Extensivo: Si usamos una marisma para hacer un cultivo de peces, estudiamos su productividad, calculamos lo que produce al año y la cantidad de peces que podemos poner para producir, pero no aportamos nada de comida, sino que los peces se alimentan del ecosistema de la marisma.

Semi-intensivo: Si queremos subir la producción, los peces comen lo que encuentren en la charca y además, los nutrientes extra que nosotros aportamos. ¿Cómo los aportamos? Incrementando la producción de la cadena trófica para que tengan más alimento. Incrementamos la producción de fitoplacton (abonando con fósforo y nitratos, ya sean de origen orgánico o químico) así aumentamos el número de productores primarios, y con ello toda la cadena trófica. En este tipo de cultivo, el alimento de los peces sigue siendo de origen natural.

Intensivo: Si nosotros suministrásemos todo el alimento a los peces, y si pusiésemos una densidad máxima.

| <i>Tipo de sistema</i> | <i>Características</i> |
|------------------------|---|
| Cultivo Extensivo | Densidad; entre 0 y 1 tonelada métrica al año. No hay alimento añadido |
| Cultivo Semi-intensivo | Entre 1 y 20 toneladas métricas al año. Puede haber fertilizantes o alimento suplementario que contenga nutrientes, vitaminas... |
| Cultivo Intensivo | Entre 20 y 1000 toneladas métricas al año. Se suelen aplicar fertilizantes, alimentos suplementarios, piensos compuestos... |

Objetivos de la acuicultura: Los objetivos que tiene la acuicultura difieren mucho de un país a otro, y también de su región geográfica.

- En algunos sitios se usa para incrementar el aporte de proteínas de buena calidad a la población (China).
- Para mejorar la nutrición humana (India).
- Complementar la pesca y ayudar en la recuperación de los stock naturales pesqueros (Japón).
- Crear puestos de trabajo en áreas rurales (Indonesia).
- Desarrollo de áreas rurales.
- Corregir su balanza exterior de pagos (Chile que es el 2º país productor de salmón atlántico y de rodaballo, después de España).
- Tratar aguas residuales; Siendo capaces de obtener un producto de alto valor añadido, como el cultivo de algas para productos farmacéuticos.
- Mantener la pesca deportiva y acuariofilia (Canadá, Salmón, USA, España un poquito)(la acuariofilia es importante en Alemania).
- Repoblar las aguas.

- Promover el desarrollo agroindustrial (Esto implica que no es una actividad solitaria, si tienes una granja necesitas industrias asociadas de enlatada, plastificadas, fábricas de hielo...).
- Diversificar la economía (Canarias).

Pirámide de Tacon

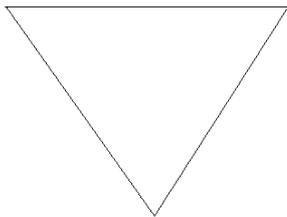
Existen muchas diferencias entre los sistemas de cultivo acuícolas extensivos y los intensivos.

Existe un gráfico que lo ilustra de forma sencilla y práctica, es la llamada pirámide de Tacon. Diseñó un sistema de triángulos para resumir las diferencias entre ambos sistemas. Tacon es un gran nutricionista que trabajó durante mucho tiempo como presidente de la FAO.

Explicaremos brevemente cómo interpretar el triángulo de Tacon:

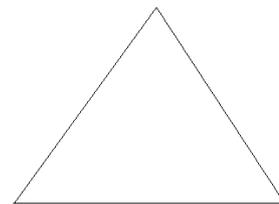
- **En la parte superior** del triángulo están los **sistemas extensivos**.
- **En la parte inferior** están los **sistemas intensivos**.

Así, los sistemas semi-intensivos se encuentran en un punto intermedio del triángulo, según su grado de intensificación.



Si el triángulo es ancho en la parte superior (triángulo invertido) significa que esa característica predomina en los sistemas extensivos, y es mínima en los sistemas intensivos, ya que tiene el vértice en la parte baja.

Si el triángulo tiene el vértice en la parte superior significa que la característica es mínima en los sistemas extensivos, y al estar la base en la parte inferior, implica que esa característica es máxima en sistemas intensivos.



Las **estrategias de alimentación** varían desde:

- Nada (ningún aporte de alimento) de los sistemas puramente extensivos.
- Fertilización o dieta suplementaria.
- Se les da todo el alimento.

El **tamaño del estanque** varía:

- Enorme en cultivos extensivos.
- Pequeño en cultivos intensivos.

El **intercambio de agua del sistema**:

- En extensivo se cambia poco el agua.
- En intensivo se cambia el agua constantemente.

La **Aireación**:

- En extensivo es poca, ya que hay pocos peces.
- En intensivo se airea mucho, porque hay gran densidad de peces.

La **Disponibilidad de nutrientes endógenos**:

- En extensivo todos los nutrientes (o casi) provienen del sistema.

- En intensivo todos los nutrientes los suministra el ser humano.

El **Policultivo**:

- En extensivo, se cultivan varios organismos para hacerlo más rentable y que nuestros peces se alimenten de ellos.
- En intensivo se cultivan muy pocos organismos en condiciones controladas.

La **Densidad de cultivo**:

- En extensivo es poca por m³ de agua.
- En intensivo es máxima.

El **Uso de harina y aceite de pescado**:

- En extensivo no se le da de comer ni harina ni pienso.
- En intensivo se usan las harinas y aceites de pescado, que son un recurso muy caro y limitado.

Los **Nutrientes exógenos y la cantidad de energía añadida al sistema**:

- En extensivo se usa poca energía, poca maquinaria; se añade poco al sistema.
- En intensivo hay más cantidad de energía (maquinaria, electricidad) que aporta el ser humano.

La **Calidad del agua y los sedimentos**:

- En extensivo el agua está más limpia porque hay menor densidad de organismos.
- En intensivo hay muchos organismos, por lo tanto, hay más suciedad, más sedimentos, etc.

El **Medio ambiente sostenible**:

- En extensivo, bien manejado, es al menos, más beneficioso para el medio ambiente, porque causa menos impacto.
- En intensivo, causa gran impacto al medio ambiente.

La **Calidad del producto**: (teniendo en cuenta que se considera la mejor calidad la de los peces criados en su medio natural, procedentes de la pesca).

- En extensivo, la calidad es mayor, porque el medio es más parecido al natural.
- En intensivo, la calidad del pescado es menor, porque el medio es muy diferente del natural.

La **Producción de desechos**:

- Extensivo: poca producción de desechos.
- Intensivo: gran producción de desechos.

El **Nivel de capacitación del personal que trabaja en estas empresas**:

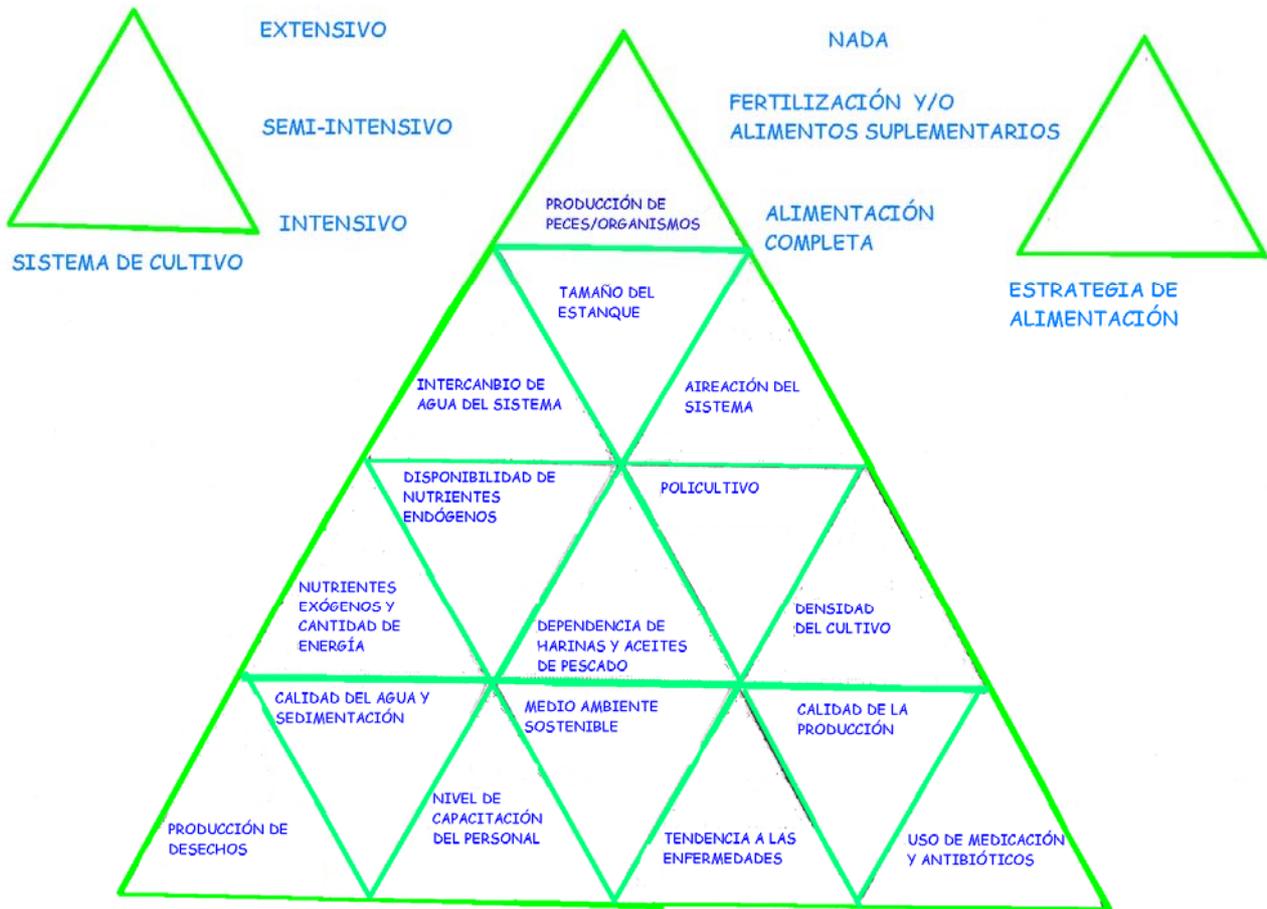
- En extensivo, no hacen falta grandes conocimientos ni larga preparación.
- En intensivo, la preparación del personal es especializada.

La **Tendencia a las enfermedades**:

- En extensivo es menor, por estar en un medio con poco hacinamiento, etc.
- En intensivo, es mayor, porque a mayor densidad, mayor estrés, y es más fácil que se enfermen por inmunodepresión.

El **Uso de medicación y antibióticos**:

- En extensivo es casi inexistente.
- En intensivo hay que tener un control de las enfermedades, porque son más susceptibles de padecerlas.



Tema 3: Reproducción en teleósteos. Mecanismos fisiológicos de regulación de la reproducción en teleósteos. Control de la reproducción mediante parámetros medioambientales. Control hormonal de la reproducción.

Importancia del control de la reproducción en acuicultura:

Ventajas de la reproducción en cautividad: La reproducción controlada tiene una serie de ventajas, aquí citaremos algunos ejemplos.

Para la acuicultura es muy importante poder controlar la reproducción de las especies para así asegurar el abastecimiento del mercado, la siembra de alevines en nuestra granja, etc.

Si continuamente capturamos peces del medio natural, puede darse una situación de sobrepesca, ya que hay muchos menos peces que se reproduzcan en libertad y su número decrecerá al cabo de cierto tiempo.

Con la reproducción controlada podemos independizarnos del medio natural y mejorar así la gestión. Además de poder producir alevines en la época del año que se quiera.

Podemos facilitar la domesticación, seleccionando líneas de crianza que se adapten mejor a la cautividad.

También podemos realizar mejoras genéticas específicas, cromosómicas, referentes al crecimiento, adaptabilidad, etc.



Problemas de la reproducción en cautividad:

Hay animales muy territoriales, (como el mero) y si capturamos reproductores, pueden llegar a agredirse entre sí, en esos casos hay que poner refugios en las instalaciones para que los animales puedan protegerse de las agresiones de otros.

Si el ambiente que encuentran en el tanque es diferente del de su medio natural (más calor, más frío, más o menos presión, oscuridad, etc.) Los problemas que encontramos con la reproducción son diferentes, lo primero que sucede es que se inhibe la ovulación y la puesta.

La ovogénesis y la espermatogénesis comienzan a desarrollarse pero sufren atresia folicular, la gónada se atrofia y cesa su desarrollo. Por lo tanto no se pueden reproducir.

Por ejemplo, la lubina en cautividad suelen ser los machos los que no producen espermatogénesis, y los que la producen es de forma muy debilitada (esperma muy diluido y escaso).

Sin embargo, en algunos casos las puestas son excesivas o indeseables. Esto suele suceder en carpas, que están muy adaptadas a la cautividad. Si las carpas se reproducen en exceso, habrán mas carpas en la laguna que el alimento que se les suministra y competirán entre ellas por el alimento, de forma que no alcanzarán el tamaño comercial.

Otro problema con el que nos podemos encontrar es, por ejemplo: el lenguado en Canarias. Esta especie no se encuentra en las costas de Canarias, si se reprodujera en un lugar donde no está presente en el medio natural y escapase por cualquier motivo (la jaula se rompe, por mareas y olas se gira la jaula...) pueden quedar libres y desplazar a especies autóctonas, suponiendo un grave peligro para el ecosistema.

En la mayoría de las especies, la puesta es estacional, sólo sucede en una época del año. (Por ejemplo, la dorada en Canarias se reproduce desde diciembre hasta abril) Pero para obtener beneficios nos conviene la puesta en varias épocas al año.

Sin embargo, no nos convienen las puestas asincrónicas, aunque es típico de algunas especies como los salmones, donde una hembra ovula un día, otra dos o tres días después, o semanas, esto impide los cultivos en masificación, por las diferencias de tamaño de los alevines.

Durante el desarrollo gonadal, hay una reducción en el crecimiento. Por ejemplo, la dorada, que es hermafrodita "protelándrica", empieza a descender en el crecimiento en la época previa a la puesta. Por ello, para maximizar el crecimiento, nos conviene inhibir la reproducción.

En casos en los que se produce la muerte tras la reproducción, también nos conviene inhibirla, es típico en los salmones del pacífico, del género *Onchorhynchus*.

El crecimiento también puede estar asociado al sexo, por ejemplo, en meros el macho es más grande, en la dorada es la hembra.

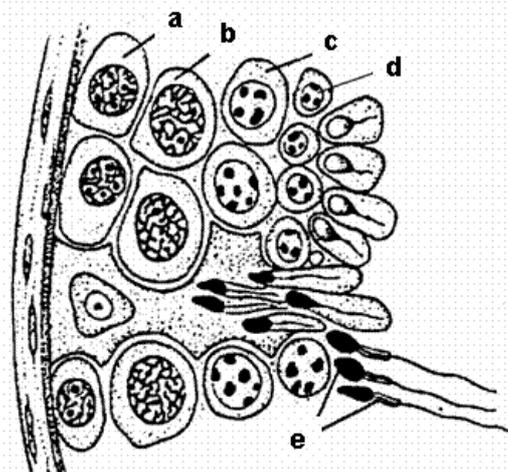
GAMETOGENÉISIS

Espermatogénesis:

ESPERMATOGÉNESIS

En un tubo seminífero.

- a) Espermatogonias.
- b) Espermatocito primario.
- c) Espermatocito secundario.
- d) Espermatida.
- e) Espermatozoides.



Las gónadas masculinas en los peces se desarrollan en la Cresta germinal, en el embrión, donde se encuentran las madres de las células germinales. Una vez que el pez nace, estas células se sitúan en el techo de la cavidad abdominal quedando por encima del riñón.

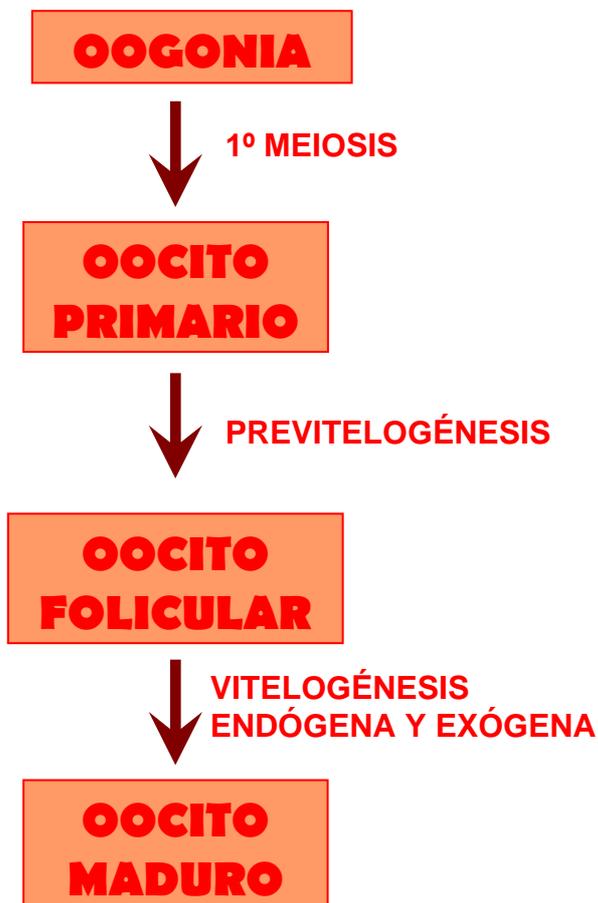
Es en esta zona donde se desarrollan, bajo la influencia de parámetros ambientales u hormonales, las espermatogonias, estas empiezan a dividirse por mitosis a lo largo de la vida del pez y se diferencian en células con una morfología más definidas, los espermatoцитos (más pequeños), los espermatoцитos van a sufrir rápidamente la primera división meiótica, a continuación la segunda donde se formarán 4 espermátidas.

Las espermátidas o espermatozoides de peces en su morfología presentan un flagelo, no tienen acrosoma y tienen menos cantidad de mitocondria.

La Espermiación ocurre cuando se vierte el lumen y se produce la salida del esperma.

Oogénesis:

Las gónadas femeninas también se forman a partir de la cresta germinal, son pares, y hay de muchas morfologías distintas.



Cada oogonia se divide en mitosis continuamente durante la vida. En la primera división meiótica se transforma en oocito primario, que a su vez sufre la previtelogénesis dando lugar al oocito folicular, que queda envuelto por las células de la granulosa y la teca y se queda en el ovario; el corion lo forma la corona radiata.

En la previtelogénesis, el oocito aumenta de tamaño, aumentan mucho los gránulos y se replica mucho ARN; todo ello para preparar al oocito para que tenga lugar la vitelogénesis. Esta última fase se divide en vitelogénesis endógena y exógena.

Vitelogénesis endógena:

En la vitelogénesis endógena el aparato de Golgi y el retículo endoplasmático rugoso se desarrollan mucho formando el corpúsculo de Babioni, este va a formar dos tipos de vesículas:

- **Vesículas vitelinas:** que están compuestas por mucopolisacáridos y se distribuyen por todo el huevo dándole un aspecto opaco, cuando es fecundado estas vesículas salen al exterior y endurecen el corion para que no se produzca una segunda fecundación.
- **Alvéolos corticales**→ Reacción cortical, el huevo fecundado se ve transparente.
- **Vesículas grasas:** se concentran al final en una o varias gotas.

Vitelogénesis exógena:

Se denomina así porque esta parte del vitelo se forma en el hígado. El hígado sintetiza una lipoproteína (lípidos que forman una burbuja de grasa, alrededor de la cual se sitúan fosfolípidos y proteínas) específica para la reproducción denominada Lipovitulina. Esta Lipovitulina en el hígado se une con otra lipoproteína llamada Fosfovitina y salen al torrente sanguíneo como Vitelogenina la cual, tiene muy poca densidad, es decir, tienen muchas grasas y pocas proteínas; y a través de la sangre va a llegar al oocito donde se dividirá nuevamente en Lipovitulina y Fosfovitina acumulándose en el vitelo y siendo éstas muy ricas en calcio y fósforo.

Después de la vitelogénesis exógena, se completa la primera división meiótica y se realiza la segunda división meiótica que se detiene en la metafase, la meiosis finalizará cuando el huevo es fecundado (diferencia fundamental con la mayoría de los **invertebrados**).

El oocito después de la vitelogénesis, va a sufrir la maduración, tomando el oocito forma de huevo, esta maduración tiene distintas fases:

La meiosis se para en la 2ª metafase

- 1) Las vesículas vitelinas se van fusionando formando el vitelo.
- 2) Las gotas de grasa también se van a fusionando.
- 3) A consecuencia de tanta acumulación del vitelo y de la formación de la gota de grasa, el núcleo se desplaza hacia un lado de la célula, el denominado Polo Animal.
- 4) Para poder favorecer la fecundación se rompe la membrana nuclear
- 5) Finalmente y uno de los puntos más importantes es la hidratación, el huevo coge agua, en parte también para poder flotar y para poder desprenderse de las capas foliculares y estar listo para salir.

Este proceso termina con la ovulación aunque los huevos no salen directamente al exterior, una vez que están formados se acumulan en los ovarios durante mucho tiempo y solo salen al exterior cuando se produce la puesta.

- Huevos de dorada: oligolecíticos.
- Huevos de salmón: poligolecíticos y con mucho carotenoides (se ven de color rojo) para protegerse de la luz solar, captar radicales libres y reflejar las radiaciones.

Diferencias entre espermatogénesis y ovogénesis en teleósteos:

- La espermatogénesis ocurre toda seguida, mientras que en la ovogénesis la meiosis se interrumpe dos veces.
- En la espermatogénesis el espermatocito va disminuyendo de tamaño mientras que en la ovogénesis cada vez es más grande.
- En la espermatogénesis la maduración del esperma sucede después de finalizada la meiosis, en la ovogénesis la maduración ocurre antes de que termine la meiosis.
- Cada espermatogonia da lugar a 4 espermatozoides mientras que cada oogonia da lugar a 1 solo huevo.

Algunas diferencias con la oogénesis en otros vertebrados:

- División mitótica a lo largo de toda la vida del pez de manera que, una hembra siempre puede ser fértil.
- En cuanto a la meiosis, en peces es interrumpida dos veces y sólo finaliza tras la fecundación.

REGULACIÓN FISIOLÓGICA DE LA REPRODUCCIÓN

Para poder controlar la reproducción es necesario conocer su mecanismo fisiológico. La reproducción en todos los animales está regulada por varios órganos, en los peces, el órgano más importante es la glándula pineal.

Glándula pineal: (neuroendocrina)

La glándula pineal (también llamada epífisis) surge como una protuberancia en el epitalamo (más o menos a la altura de los ojos), es un órgano fotorreceptor y se encarga de regular los ciclos biológicos del animal. La glándula pineal se encuentra estrechamente unida al cráneo, que en dicha zona de unión está considerablemente más débil, con un grosor menor, lo que permite que la luz atraviese su pared y llegue a la glándula. Es capaz de obtener información de la luz que recibe.

La región del cráneo a través de la cual pasa la luz es llamada “la ventana pineal”. Está formada por dos tipos de células:

- **Fotorreceptoras:** son células que producen un pigmento fotorreceptor (siempre con carga +). Cuando se acumula este pigmento en las células se origina un impulso nervioso (puesto a que hay un cambio de potencial en la membrana) y se dirige hacia el hipotálamo. Al ser este pigmento fotorreceptor (fotosensible), cuando incide la luz sobre él no se origina el impulso nervioso.
- **Secretoras (o neurosecretoras):** éstas van a secretar la hormona melatonina y dependiendo de la incidencia de la luz se va a secretar más o menos. En general, esta hormona irá al torrente sanguíneo para distribuirse por todo el cuerpo.

La glándula pineal es como un órgano traductor, traduce una información sobre las horas y la intensidad de la luz al organismo permitiendo que el animal tenga un ciclo.

Hipotálamo:

Es un órgano del sistema nervioso central situado en la base del diencefalo y su función principal es la de regular la fisiología del organismo. Segrega Hormonas pequeñas en forma de péptidos de 10-12 aas. Denominados factores liberadores. En la regulación de la reproducción producen GnRH (factor liberador de la gonadotropina) formada por 10 aa y es muy eficaz. De momento se han encontrado 3 de esta hormona en todos los peces que se han estudiado hasta ahora:

- **gGnRH:** salmón.
- **GnRH:** dorada.
- **αGnRH:** pollo. (Es muy importante que este factor liberador sea el mismo para el pollo que para los peces).

El hipotálamo también va a producir factores inhibidores que influirán sobre la fisiología de la reproducción; en peces el más importante es la dopamina.

Estas hormonas se liberan en el hipotálamo y van a la adenohipofisis o glándula pituitaria provocando que estas hormonas liberen otras hormonas denominadas gonadotropinas (proteínas muy grandes, muy complejas y muy específicas).

Adenohipofisis o glándula pituitaria:

La glándula pituitaria están formada por varios tipos de células endocrinas, pero las que tienen influencia directa sobre la reproducción son las células

gonadotropas, que segregan gonadotropinas que son de dos tipos fundamentalmente:

- **GtH I:** Gonadotropina maduracional, que es análoga de la hormona luteinizante o LH en mamíferos.
- **GtH II o GtH V:** Es la gonadotropina vitelogénica, que es análoga a la hormona folículo estimulante en mamíferos (FSH).

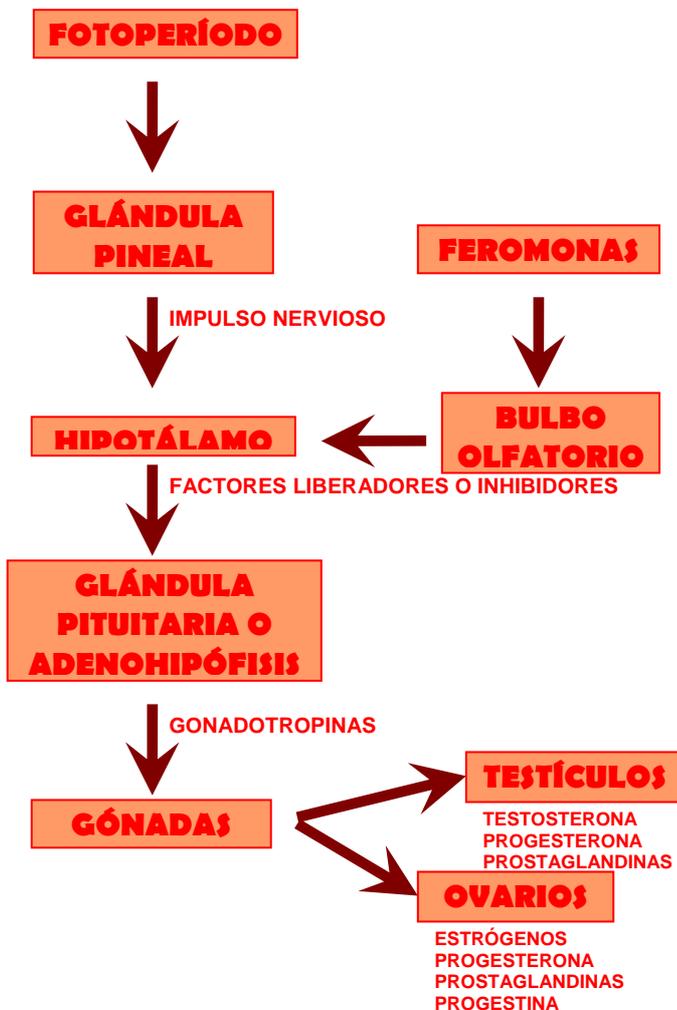
Estas dos hormonas actúan en los testículos o en los ovarios y producen la maduración, vitelogénesis y la producción de hormonas esteroideas.

Ovarios o testículos:

Hormonas esteroideas secretadas en cada órgano:

- En los testículos se sintetiza testosterona, prostaglandina y progesterona.
- En los ovarios se produce estradiol, prostaglandina y progesterona (podemos encontrarnos a veces un poco de testosterona)

Regulación fisiológica de la reproducción:



El fotoperíodo incide sobre la glándula pineal (la glándula pineal es capaz de percibir directamente la luz a través de la ventana pineal o “tercer ojo”) que produce impulsos nerviosos que se mandan la hipótlamo donde se liberarán los factores liberadores o inhibidores. Además el hipótlamo recibe impulsos del bulbo olfatorio que percibe las feromonas.

Los factores hipótlámicos actúan sobre la glándula pituitaria, que a su vez produce dos tipos de gonadotropinas: la GtH_I/GtH_m y la GtH_{II}/GtH_v. En general las dos gonadotropinas tienen su acción sobre las gónadas, siendo la primera más importante en la maduración y la segunda en la vitelogénesis.

Las gonadotropinas actúan en el paso de las distintas divisiones mitóticas y en la liberación de testosteronas en machos. En las hembras la GtH_m afecta a la esteroidogénesis.

En los machos, los testículos producen testosterona (11-cetotestosterona) que afecta a la espermiación. También producen progesterona (17-hidroxi-20-dihidroxiprogesterona) que actúa acabando al espermiogénesis y como

feromona. Y por último, producen prostaglandinas (PGE y PGF), que se liberan al agua, y actúan como feromonas provocando en las hembras la liberación del factor liberador.

En las hembras, las células de los ovarios poseen una enzima aromatasa que transforma la testosterona en estradiol (estrógeno, estradiol-17 β); además de progesterona y prostaglandinas que son importantes en la ovulación y como feromonas, haciendo que los machos comiencen con el cortejo. Otra hormona es la prostestina que actúa sobre la maduración.

Todas las feromonas tienen efecto cruzado, es decir, las produce un animal y tiene efecto en otro. Por esto, hay especies que no desarrollan las gónadas si no hay individuos del sexo opuesto cerca, porque las feromonas de los individuos del sexo opuesto estimulan la maduración de los otros.

Control mediante tratamiento hormonal:

Cuando se investigó el problema de la atresia folicular, se descubrió que se debía en primer lugar a una reducción de las gonadotropinas.

Hipofisación:

Hoosay en el año 1931 estudio en los vertebrados superiores el control de la reproducción y hormonas del organismo. Para intentar subir los niveles de gonadotropina, se les suministró a los peces extracto de pituitaria, este proceso se denomina hipofisación.

Esto se llevaba a cabo sacrificando peces que estaban reproduciéndose, extirpándoles la pituitaria a través de un corte en el paladar. A continuación se secciona la adenohipófisis, se tritura y se hace un extracto con acetona, para poder extraer las hormonas.

- **Ventajas:** Es muy barato y fácil de realizar. Además puede tener una acción sinérgica con otras hormonas.
- **Desventajas:** Las gonadotropinas son proteínas muy complejas y en el animal receptor suelen crear inmuno resistencia. Por ello, no toda la población responde al tratamiento la primera vez que se efectúa, y al año siguiente han creado resistencia y prácticamente ningún animal responde al tratamiento. Además, es muy difícil de estandarizar, porque la cantidad de gonadotropina que tiene el animal "donador" puede variar dependiendo de muchos factores tales como la hora del día (no es lo mismo al amanecer que al atardecer), la edad (a mayor edad, más producción) diferencias genéticas... Es difícil saber cuánta gonadotropina hay en el extracto, y por lo tanto, cuánta hay que inyectar. Puede transmitir enfermedades (parásitos, virus...) Hay que sacrificar un animal para que se reproduzca otro.

La gonadotropina coriónica humana:

- **Ventaja:** Es fácil de sintetizar, barata y fácil de encontrar (se compra en cualquier farmacia).
- **Desventaja:** provoca reacciones inmunológicas.

A causa de estos problemas, se ha intentado utilizar **gonadotropinas purificadas**, obtenidas específicamente de la misma especie en la que se va a emplear.

- **Ventaja:** las dosis son fáciles de estandarizar

- **Desventaja:** Es difícil y caro producirlas sintéticamente

Las hormonas esteroideas:

Actúan como la progesterona, pero no es muy beneficiosa. También se han intentado usar **antiestrógenos**, para bloquear el efecto de la testosterona y que se siga segregando en el cerebro las gonadotropinas.

Factores liberadores de la gonadotropina:

Actualmente son los más usados. En el hipotálamo se segregan de forma natural los factores liberadores de la gonadotropina.

- **Ventaja:** son deca péptidos, moléculas muy sencillas y muy semejantes entre especies muy distintas (entre peces y humanos se diferencian en 2 aminoácidos)(en peces y gallinas son los mismos)
- **Desventaja:** su vida media en el animal es muy corta, para alargar el efecto, en vez de usar factores liberadores, usamos análogos, que son los mismos factores liberadores pero con el aminoácido de degradación cambiado (al cambiarlo por otro es más difícil para el organismo reconocerlo y degradarlo)

Normalmente se realizan implantes, donde la sustancia está recubierta por un polímero. El cuerpo degrada el polímero poco a poco y libera despacio la sustancia.

Control mediante parámetros ambientales:

Si el desencadenante de la reproducción es el medio ambiente, si somos capaces de controlarlo, podemos controlar la reproducción de forma natural, más fácil y sencilla. Para hacerlo así, es imprescindible conocer los parámetros medioambientales que necesita la especie a cultivar.

Para controlar la reproducción, es necesario controlar los parámetros ambientales que estimulan la puesta:

En peces tropicales suele coincidir con la elevación de temperaturas altas.

En peces (como la dorada) que tienen su puesta en invierno, coincide con la elevación suave de las temperaturas bajas.

El tipo de sustrato; presencia de refugios, piedras, algas... a veces sirven hasta de plástico.

Presencia de alimento en grandes cantidades.

En peces de zonas tropicales lluviosas es la presencia de lluvias.

Presencia del sexo opuesto (por feromonas, o estímulo visual que es típico en aquellas especies en las que uno de los sexos es muy llamativo).

A veces, lo que nos interesa es retrasar o adelantar las puestas mediante el control de los factores ambientales que controlan la época de puesta.

De forma general, en especies de aguas frías, suele ser suficiente con regular el foto período. Recordemos que los niveles de gonadotropina están regulados por el foto período, y controlándolo, podemos regular la puesta.

En especies de aguas frías, la gonadotropina aumenta cuando las horas de luz son mínimas y empiezan a aumentar lentamente.

Una vez que conseguimos que los reproductores tengan la puesta cuando tú quieres, hay que darles un foto período normal de 12 meses para que tengan una puesta al año en esa misma época.

En piscicultura no se hacen varias puestas al año, porque no interesa, el estrés que ocasiona incrementa el índice de mortalidad y hace que los huevos sean de un tamaño más pequeño, con lo disminuimos las posibilidades de supervivencia de las larvas.

Si conseguimos una puesta al año, podemos dejar el periodo de luminosidad "óptimo" para la puesta de dicha especie y los peces continuarán su biorritmo de forma normal, poniendo una vez al año, siempre en esa fecha.

Normalmente, en peces de agua fría, se controla el foto período.

En peces de aguas templadas se controla el foto período, la salinidad y la temperatura.

En peces de aguas cálidas, la temperatura.

En peces de aguas tropicales: las características fisicoquímicas del agua, menor salinidad, mayor volumen de agua, mas oxigenación del agua, mayor renovación del agua... (imitando lo que sucedería si hubiesen lluvias torrenciales).

Tema 4: Crecimiento y desarrollo. Control endocrino del crecimiento en teleósteos. Posibilidades de manipulación de los factores que regulan el crecimiento.

Introducción:

El crecimiento de los peces es casi continuo durante toda su vida, sus estructuras óseas no tienen un tamaño definitivo,

En peces, el crecimiento es muy manipulable, a diferencia de los mamíferos.

Los peces son poiquiloterms, y eso permite que al cambiar la temperatura, cambie la actividad metabólica. Dentro de un rango normal para cada especie, a mayor temperatura, mayor actividad metabólica y por tanto, mayor crecimiento.

En el metabolismo y crecimiento de los peces también influye la luminosidad, que además puede modificar los ciclos reproductivos, hasta lograr incluso varios ciclos al año, cuando lo normal es uno sólo.

Se intenta siempre proporcionar las cantidades de comida y nutrientes que permitan el crecimiento adecuado a los peces.

Otros factores que influyen en el crecimiento son la madurez sexual, metabolitos tóxicos, grandes densidades de peces en el tanque...

Los peces tienen unos rendimientos de transformación de alimentos mucho mayores que los mamíferos. Uno de los motivos de ese mayor rendimiento es no producir urea para el metabolismo proteico, no tener que mantener su temperatura, no tener que desarrollar estructuras de sostén para desenvolverse en el medio, etc.

Los peces carnívoros tienen su dieta está basada en proteínas y grasas de buena calidad, lo que aumenta el crecimiento. Sin embargo, dicha alimentación es cara.

En las piscifactorías se trabaja con especies carnívoras, porque son las requeridas comercialmente.

Sin embargo, es una paradoja el no criar peces herbívoros, ya que existe un gran derroche de recursos sostenibles, porque el pienso se elabora con peces de poca demanda comercial, pescados en caladeros, y su producción anual es limitada. Estos peces son de bajo valor comercial, pero las harinas, ya manufacturadas, son muy caras.

La utilización de harinas de pescado para el pienso, incluye unos altos precios en la producción, lo que encarece el pescado.

Es por ello que se está intentando sustituir los aceites de pescado y piensos por proteínas de origen vegetal para alimentar a los peces, pero aún está en estudio.

Control endocrino del crecimiento:

El control del crecimiento está condicionado por factores externos, a causa de la flexibilidad propia del animal. Esto implica que los factores medioambientales, que afectan a la percepción del animal, también le afectan en su metabolismo.

En el hipotálamo se estimula el factor liberador de la hormona del crecimiento, la somatotropina (GHRF).

Esta hormona que hace que se libere otra hormona en la glándula pituitaria o adenohipófisis, que actúa en el crecimiento, la hormona GH.

Esto se efectúa de dos formas:

- Liberándose al tejido directamente
- Liberándose al torrente circulatorio (libera lípidos o glúcidos que captan las células para crecer, proliferando y dividiéndose)

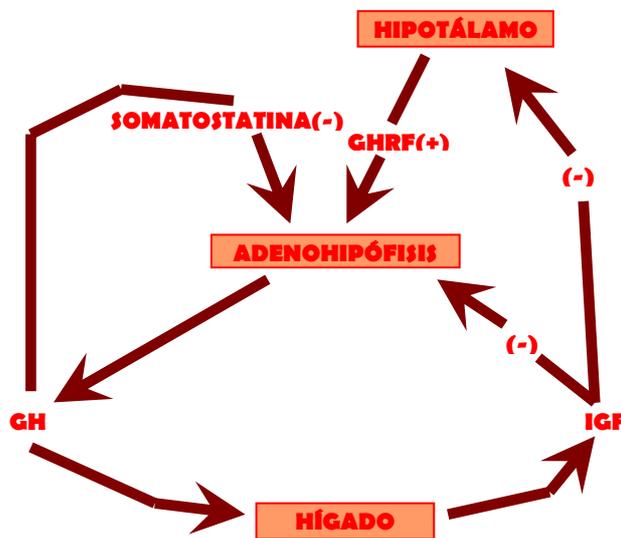
Otra acción la ejerce la IGF, que son producidas fundamentalmente en el hígado a partir de la GH circulante, y actúa también estimulando la proliferación y división de las células de los tejidos.

La IGF actúan sobre tejidos diana y favorecen el crecimiento muscular y celular.

Además la IGF (liberada en el hígado) actúa sobre la GHRF y sobre la hipófisis para evitar la liberación de las GH y evitar el crecimiento (retroalimentación negativa).

La liberación de GH es pulsátil, no continua, y está limitada por la hipófisis.

A su vez, la somatostatina actúa sobre la hipófisis, actuando de manera inhibitoria para evitar la liberación de GH.



La somatostatina ha sido demostrado que tiene un efecto inhibitorio sobre el crecimiento, este dato es un conocimiento relativamente nuevo y reciente en el metabolismo de los peces.

El grado de homología en las hormonas varía según especies y familias, pero es muy diferente al de cualquier mamífero, sobretodo en los receptores de GH.

Tan sólo la porción de la

hormona que provoca la respuesta de los tejidos es igual en toda la escala evolutiva.

Los peces mantienen un crecimiento de forma casi indefinida, pero conforme el animal envejece, este proceso se hace más lento.

El envejecimiento se produce por una ineficacia en el hipotálamo; se liberan menos GHRF a medida que el animal crece. Se sabe que es a causa del hipotálamo, porque si se le inoculan de forma exógena, la hipófisis las usa.

Alimentación de los peces:

Podemos favorecer el crecimiento de los peces al alimentarlos más o menos, aunque una vez se llegue al crecimiento óptimo, el pez no crecerá más por comer más, de hecho, si lo sobrealimentamos, el pez es menos eficaz a la hora de transformar el alimento.

Es decir, mientras más coma el pez, más crecerá, pero una vez llegue al crecimiento óptimo, no debemos de aumentar la cantidad de comida, porque disminuirá el rendimiento.

Explicación fisiológica: "El caso del pez sobrealimentado"

Al comer más comida de la adecuada, más de la que va a usar, hay un exceso de metabolitos, que al no ser usados, están en el torrente circulatorio, lo que actúa de inhibidor de la hormona del crecimiento.

Esto es algo a tener en cuenta, porque si somos encargados de engordar peces y nos gastamos mucho pienso y los peces no crecen como deberían.

Factores que regulan el crecimiento:

La temperatura:

Teniendo en cuenta que todos estos factores varían dentro de lo que es el rango normal para cada especie (no es lo mismo un pez abisal, uno tropical o uno ártico)

Así, dentro del rango normal, a mayor temperatura, mayor será el crecimiento de los peces, porque la temperatura activa su metabolismo, y lo acelera.

Así, los peces criados en Canarias crecerán más que los criados en el Mediterráneo. Expliquemos esto un poco:

En el Mediterráneo, la temperatura en invierno oscila entre 10 y 11°C, y en invierno entre 26 y 27°C. De esta forma, los peces en verano tienen buenos ritmos de crecimiento, pero en invierno tienen un crecimiento casi inexistente, y no calientan el agua porque es un gran gasto económico.

Tan sólo las empresas productoras de alevines se dedican a calentar el agua de sus tanques, porque a ellos sí les sale rentable.

Sin embargo, en Canarias, todo el año las temperaturas se encuentran entre 18 y 24°C, así que el crecimiento es continuo todo el año.

Fotoperíodo:

La luz es un factor muy importante, no sólo para el crecimiento del pez, sino para que puedan alimentarse (los peces son cazadores visuales) de las pequeñas presas que se les da en gran densidad.

En la fase de pre-engorde, se alimenta a los alevines hasta que alcanza 10, 20 o 25 gr, según los protocolos de la empresa, antes de ponerlos en jaulas, se les dedica más atención, se les controla más la luminosidad, etc, en definitiva, los miman más.

En la fase de engorde, las diferencias de horas de luz que reciben, pueden hacer que alcancen el peso adecuado antes o después.

De forma general, a más horas de luz, mayor crecimiento. Sin embargo, en pruebas realizadas con luz continua se veía que los peces no crecían lo adecuado, esto se debe a que el pez necesita ciertas horas de descanso al día.

Tema 5: Nutrición y alimentación de peces en cautividad. Importancia de los distintos tipos de nutrientes.

Introducción:

Los peces han resultado ser difíciles de domesticar para el hombre, y uno de estos motivos es la nutrición que requieren, ya que una de sus características que los hace tan distintos al resto de especies de abastos del ser humano es que suelen ser especies altamente carnívoras.

Por ello necesitan un gran aporte de proteínas en su dieta, y eso es muy caro, pero necesario; por lo que algunos autores piensan que es difícil encontrar una fuente de proteínas barata para producir peces de forma masiva en cautividad.

Así, se usan varios tipos de alimentos para los peces: Comida fresca como peces pequeños, no aptos para consumo humano, trozos de pescado, pienso húmedo (compuesto por pescado triturado mezclado con vitaminas y minerales) y/o piensos compuestos.

Importancia de la nutrición de peces:

Hace 20 años que suscita gran interés, ya que existe gran demanda de productos para cultivo de peces. Teniendo en cuenta que se cultivan unas 300 especies diferentes, cada una con requerimientos propios, existe diversificación de piensos.

Cada vez se exige mayor calidad a los piensos, para obtener mayor rendimiento y optimizar la producción.

En los cultivos extensivos se intenta mejorar el alimento natural, para ello hay que saber de qué se alimenta el pez, y si ese organismo no existe en nuestro sistema, añadirlo.

En los cultivos intensivos, debemos de conocer ante todo los requerimientos nutritivos del pez, para optimizar la producción, ya que la alimentación de los peces constituye el 50% de los gastos de producción, así que el éxito o el fracaso de la empresa depende del pienso y su composición.

La alimentación también cambia enormemente en los distintos estadios de la vida de los peces, es decir, una larva no puede comer lo mismo que un adulto, ya que su sistema es distinto. En las larvas de peces marinos, en general se le da zooplancton (artemias y rotíferos).

Requerimientos específicos de los peces:

Los requerimientos de los peces son distintos a los de los animales terrestres, por distintas causas ambientales:

Temperatura: los peces viven en un ambiente donde la temperatura varía muy poco, por lo que no necesitan gastar energías en mantenerla, así que son poiquilotermos. Esto también influenciará su metabolismo, que será más lento.

Salinidad: Los peces de agua salada necesitan beber agua para recuperar la que pierden por ósmosis y expulsan gran cantidad de sales con secreciones corporales para mantener el equilibrio osmótico. Sin embargo, los peces de agua dulce expulsan agua constantemente, porque ellos tienen más sales en su cuerpo que el medio ambiente, y por ósmosis, el agua penetra en ellos.

Movimiento: Los peces están en continuo movimiento, y aunque descansan (unos en posición vertical y otros en posición horizontal) tienen un gasto energético a causa del movimiento mucho menor que cualquier animal terrestre, porque como su medio es más viscoso, pueden suspenderse de forma que la gravedad les influye menos en su movimiento.

Alimentación: No podemos almacenar ni depositar el alimento en el medio durante un periodo medio o largo, ya que se descompone con facilidad, sin embargo, podemos poner pienso en un pesebre varios días sin problemas.

Además de que los requerimientos de nutrientes son distintos, su cota de alimentación también es distinta a la de los animales terrestres. En la alimentación de los peces no podemos dejar el alimento en el agua durante mucho tiempo, como sí podríamos hacer con los animales terrestres en los comederos, ya que el alimento en el agua sufre un proceso de lixiviación, que en nutrición se llama crisis, y consiste en la pérdida de los nutrientes hidrosolubles. En una dieta para peces, los nutrientes hidrosolubles serían los hidratos de carbono y las proteínas. Esto hace que la nutrición de los peces sea un poco más compleja porque debemos saber cuando es el momento en el que los peces tienen apetito para que no se pierdan los nutrientes en el agua.

Efectos de la alimentación:

Una dieta deficiente provoca el deterioro de salud, un crecimiento pobre, etc. Las deficiencias en vitaminas pueden causar incluso enfermedades (Vit. A, C, E...) Sobretudo, la falta de vitamina E, ya que los peces tienen un gran requerimiento de esta vitamina.

Algunas dietas pueden llegar incluso a ser tóxicas. Por ejemplo, en Noruega se desarrolló un pienso con el que se obtenía un buen crecimiento de los salmones, y se comercializó a Chile.

Sin embargo, en Chile el crecimiento de los salmones disminuyó, incluso hubo un aumento significativo en la tasa de mortalidad. Esto se debió a que el pienso era transportado en tanques en barcos de carga, donde alcanzó temperaturas superiores a los 40°C. Los aceites que formaban parte del pienso a esa temperatura empezaron a descomponerse, y para cuando se los comieron los salmones en Chile, estaba rancio. También el pienso puede transmitir patógenos, si los ingredientes no han sido bien tratados.

Los factores que influyen en el estado de los piensos son el calor la humedad y la luz, siendo este último factor el que más degrada los piensos para la nutrición de peces.

Una dieta equilibrada:

Una dieta equilibrada repercute con beneficios en nuestra producción, ya que optimiza el crecimiento, mejora la recuperación de un pez convaleciente, reduce los síntomas del estrés propio de la explotación, etc.

Mejora de dietas: Hay que conocer los requerimientos de cada especie que vayamos a cultivar (no es lo mismo alimentar a un carnívoro, a un herbívoro, a un pez de arrecife o a uno de alta mar). Los principales grupos de nutrientes son proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, que son nutrientes esenciales, es decir, que es esencial para el metabolismo del pez y el animal no lo puede sintetizar. Por ejemplo, los ácidos nucleicos y los hidratos de carbono son compuestos muy importantes, pero no son esenciales.

Los nutrientes en las dietas se expresan como porcentaje o gramo o unidades internacionales de nutriente por kilogramo de dieta, expresando así el requerimiento de un nutriente.

Aunque en realidad en realidad los requerimientos de un nutriente se expresa como gramos de un nutriente que el animal necesita ingerir al día por los kilogramos de peso corporal.

Requerimiento de energía: los peces regulan su alimentación según qué nutrientes obtenga y qué energía tenga el pienso.

Si un pez necesita energía, la puede obtener de lípidos, proteínas, y un poquito de hidratos de carbono, (indiferenciadamente) pero si necesita ciertos nutrientes (vitaminas, minerales...) hay que asegurarnos de dárselos en el pienso.

Ingredientes disponibles en el mercado para poder mejorar la dieta: Debemos evaluar que el ingrediente contenga las cantidades de nutrientes que el pez requiera, el coste de los ingredientes, su calidad, disponibilidad en el mercado, regularidad en el aporte, etc. También es muy importante la digestibilidad de los ingrediente, ya que si el pez es incapaz de digerir un nutriente muy complejo de alguno de los ingrediente, se estarían perdiendo nutrientes.

LAS PROTEÍNAS:

Importancia de las proteínas dietéticas en nutrición de peces:

Las proteínas son componentes estructurales del organismo. Es el constituyente principal de tejidos y órganos (más del 65% del peso corporal en peces, son puro músculo) Por lo que su crecimiento implica gran necesidad de proteínas.

Las proteínas son las precursoras de diversos compuestos nitrogenados: enzimas, hormonas, purinas, neurotransmisores, cofactores, etc.

Las proteínas son la fuente principal de energía en peces: Se dice que los peces son diabéticos porque no pueden obtener bien la energía a partir de los carbohidratos, su transformación es muy deficiente.

Todo esto hace que en una dieta para peces, las proteínas son el constituyente más importante de las dietas de peces, suponiendo entre el 40% y el 70% de la dieta (en peces muy herbívoros, hasta el 35%).

Las proteínas suponen el gasto económico mayor de los piensos. Se usan sobretodo para mantener las proteínas corporales: La renovación de las células del cuerpo es mayor en peces que en otros animales, por lo que si no hay un buen aporte proteico, consumen las proteínas de sus músculos, perdiendo peso, y disminuyendo su crecimiento.

Una vez se logra el equilibrio de la renovación de sus proteínas, el pez las usa para crecer y obtener energía a partir de ellas.

Nuestro objetivo es conseguir el "Efecto Ahorrador de Proteínas", que consiste en aportar más lípidos a la alimentación, para que obtenga energía de los lípidos y no de las proteínas, para que use la mayor cantidad de proteínas en crecimiento o en reproducción y no en obtener energía. Sin embargo debemos tener cuidado, porque si el pez obtiene con poco alimento toda la energía que necesita por la gran cantidad de lípidos que tiene, podría no obtener las cantidades necesarias de otros nutrientes que lleve el pienso.

Requerimientos de proteínas:

Para determinar los requerimientos de proteínas, se dan distintas cantidades de proteínas a peces y se ve el crecimiento. El porcentaje o cantidad de proteínas que se suministren que provoquen un mayor crecimiento, será la cantidad óptima de proteínas que deberá de recibir el pez para maximizar la producción.

Digestión y metabolismo de las proteínas:

Cuando un pez ingiere una dieta, ésta entra en el aparato digestivo y sufre la digestión.

La primera enzima en actuar es la pepsina, que lo hace en el estómago (en el caso de que el pez tenga estómago) y rompe las estructuras cuaternarias, además facilita la acción de las endopeptidasas, que rompen los enlaces peptídicos en el interior de las moléculas; éstas son la tripsina y la quimotripsina, que son producidas por el páncreas y actúan en el intestino.

Cuando las endopeptidasas rompen las moléculas en pequeñas cadenas peptídicas, actúan dos tipos de exopeptidasas, que rompen las cadenas de péptidos por los extremos, éstas son las carboxipeptidasas y las aminopeptidasas. La digestión termina con la formación de aminoácidos libres que atraviesan los entericitos.

Los aminoácidos ya formados van a la sangre, donde hay aminoácidos que proceden de otras fuentes que no son la digestión, formando así el pool o conjunto de aminoácidos. Estos aminoácidos pueden entrar en distintas rutas metabólicas.

Los aminoácidos pueden proceder de cetoácidos, que a su vez derivan de lípidos, carbohidratos y aminoácidos, y también pueden ser sintetizados por el propio organismo, procedente de la degradación o catabolismo de las proteínas corporales.

Éstos aminoácidos procedentes de la renovación de las proteínas, en peces es menor, sin embargo en otros vertebrados es mayor, normalmente el 70%. Por lo tanto en los peces la mayor parte de los aminoácidos del pool proceden de la dieta. Y por lo tanto, los peces necesitan un mayor porcentaje de aminoácidos en la dieta.

Cuando un aminoácido entra en una ruta metabólica lo primero que le ocurre es perder su grupo amino y se convierte en un cetoácido, convirtiendo este grupo perdido en amonio.

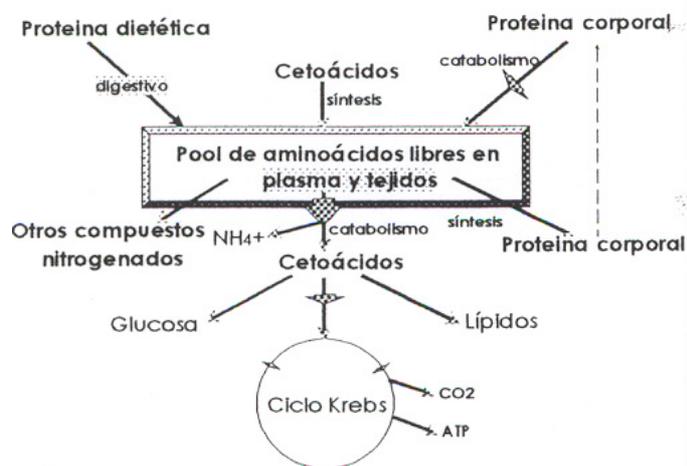
Los cetoácidos pueden ser usados para formar lípidos, glucógeno, o para seguir degradándose en el Ciclo de Krebs y la energía se acumula en forma de ATP.

Los aminoácidos también pueden ser utilizados para formar parte de otros compuestos nitrogenados, como los ácidos nucleicos, o como neurotransmisores.

También del pool de aminoácidos se pueden utilizar para renovar proteínas corporales.

Con respecto al amonio que se produce, el pez lo excreta en forma de amonio, y no porque no tenga las enzimas que forman urea, creatinina, y otros compuestos menos tóxicos, sino porque el pez una vez forma el amonio, lo excreta con facilidad y en el agua se disuelve con facilidad y no daña al pez;

además de que la formación de compuestos menos dañinos como la urea conlleva un gasto energético. Los peces son muy eficaces en excretar el amonio, ya que además de por los riñones, también lo hacen en gran medida en la piel y en las branquias. Hasta un 90% del amonio es excretado por las branquias, y el resto por la piel y los riñones.



LOS LÍPIDOS:

Estudio de los Lípidos acuáticos:

Alrededor de los años '60, se descubrió que los lípidos de los peces eran diferentes de los de mamíferos y aves. Han sido muy estudiados en los últimos 40 años, sobretodo los que se encuentran en el hígado y en los músculos de algunos peces. Todo esto porque los lípidos acuáticos contienen grandes cantidades de vitaminas y otros compuestos fundamentales para nuestra nutrición.

Importancia comercial de lípidos hepáticos y musculares en algunas especies:

Los peces, no presentan una estructura hepática estructurado, además no pueden almacenar grandes cantidades de lípidos bajo la piel, como lo hacen las ballenas y otros mamíferos, lo que hacen es usar el hígado y el músculo como lugares de almacenamiento de grasas. Y desde hace mucho tiempo el hombre ha utilizado los

hígados y tejido muscular para la obtención de aceites. Por ejemplo, el aceite de bacalao es rico en vitaminas y los lípidos de hígado de tiburón (rico en escualeno) se usan como compuestos de lubricantes y pinturas impermeables.

Existe gran variedad de clases lipídicas y ácidos grasos en el medio marino, mucho mayor que en mamíferos. Por ejemplo, los ácidos grasos Omega-3 sólo existen en el medio marino. Esto se debe a que en el medio acuático un animal necesita células que ejerzan funciones distintas que en el medio terrestre. La vida se originó en el mar, y en él hay gran variedad de organismos. Sin embargo, de todos ellos fueron extremadamente pocos los que evolucionaron para colonizar el medio terrestre, y son de esos pocos de los que descienden todas las especies de reptiles, aves y mamíferos.

A esto se debe que tengan moléculas específicas, además, los lípidos forman parte de las membranas celulares, y el funcionamiento de una célula está definido por la función de su membrana, que a su vez está definido por los lípidos que posee.

Si posee muchos ácidos grasos saturados en su membrana, ésta será rígida, pero si predominan los ácidos grasos insaturados, será más elástica.

Por ejemplo, la línea lateral de los peces es muy específica, y no existe en otros organismos. Requiere lípidos específicos y propios para poder captar vibraciones en el agua.

Los lípidos son una importante fuente de energía para los peces, y sus lípidos son muy importantes en nutrición humana.

Existen patologías humanas relacionadas con un desequilibrio en los lípidos dietéticos, y al suministrar ácidos grasos Omega-3 se previenen patologías como éstas: trombosis, aterosclerosis, hipertensión, esquizofrenia, artritis, alergias...

En dietas para peces, cada vez es más importante el aporte de energía. Actualmente las dietas cada vez tienen más grasas (aceites de pescado) para ahorrar proteínas, ya que mayor cantidad de proteínas irán al crecimiento, lo que se denomina efecto ahorrador. Pero es caro, y se está investigando el suministro de otros lípidos diferentes en la dieta y qué lípidos son los que realmente son importantes para los peces.

La importancia de los lípidos dietéticos estriba en:

- Es una fuente de energía.
- Da estructura de membranas celulares, y regulan su función. Según si saturados, se presentará una membrana más rígida, y si los ácidos grasos son insaturados, la membrana será mucho más flexible. En las membranas celulares de las neuronas hay ácidos grasos Omega-3, como por ejemplo el ácido docosahexaenoico, y esto hace que la membrana de las neuronas sea mucho más flexible. Por tanto, la distinta composición en ácidos grasos de las membranas de las células van a determinar las distintas funciones de las células.
- Vitaminas liposolubles y hormonas. Todas las hormonas esteroideas son lípidos, como por ejemplo las prostaglandinas.
- Son vehículos de sustancias liposolubles, como por ejemplo las vitaminas lipídicas.
- Son precursores de los eicosanoides, es decir precursores de moléculas de veinte carbonos con función hormonal. Ejemplo de ello son las prostaglandinas o los tromboxanos.
- Dan resistencia al estrés y a enfermedades potenciando el sistema inmune.
- Afectan a la textura, sabor y calidad nutritiva del filete.

Digestión y metabolismo de los lípidos:

La digestión de las grasas se realiza en un 90% en el intestino anterior. Los ácidos grasos son transportados por el riego y el sistema porta-hepático una vez son digeridos.

En general, los lípidos podemos clasificarlos en:

- **Neutros** (solubles en sustancias orgánicas, son los triglicéridos, los ácidos grasos y el colesterol o las ceras).
- **Polares** (parcialmente solubles en agua, son los fosfolípidos).

En la dieta de los peces están presentes ambos tipos. Son ingeridos y después digeridos. La digestión consta de varias partes:

- **En la boca:** Los peces casi no emiten saliva, por lo que las lipasas no ejercen una función importante.
- **En el intestino:** En peces es el lugar donde se lleva a cabo la mayor parte de la digestión. Donde se presentan tres enzimas principales que hidrolizan los lípidos, cada una es específica de un grupo de lípidos.

Para digerir los lípidos neutros hay una **lipasa pancreática de mamíferos (MPL)**, que está presente en una cantidad muy pequeña en los peces y sobretodo degrada los triglicéridos. Se sintetiza en el tejido pancreático. Los triglicéridos están formados por un glicerol y tres ácidos grasos, por lo que la lipasa los rompe y da lugar a ácidos grasos libres y glicerol. El alimento natural de los peces no resalta por los triglicéridos. La MPL, hidroliza principalmente los triglicéridos que tienen grasas saturadas.

El alimento natural de los peces tiene mayor cantidad de ésteres de ceras y los ésteres del colesterol, por ello los peces tiene la **lipasa activada por sales biliares (BAL)**, o **lipasa neutra no específica**. Esta lipasa hidroliza cualquier enlace éster principalmente de los lípidos neutros. Esta lipasa hidroliza ácidos grasos poliinsaturados y como en el medio marino hay muchos ácidos grasos poliinsaturados, como los Omega-3, esto hace que la BAL tenga una gran importancia en la digestión de los lípidos.

Para los fosfolípidos existe la **fosfolipasa A₂**, que hidroliza los fosfolípidos por el ácido graso de la posición segunda. Esta enzima es muy abundante en todos los vertebrados y es muy abundante por ejemplo en el veneno de serpiente, ya que se encarga de romper las membranas celulares. La fosfolipasa A₂ también se presenta en todos los tejidos del organismo, ya que actúa ante una señal extracelular rompiendo algunos fosfolípidos de las membranas celulares y así liberan moléculas (ácido graso araquidónico, ácido graso eicosapentaenoico) que actúan como segundos mensajeros.

Todas estas enzimas son hidrosolubles, pero los lípidos no lo son, y para ello el organismo produce las sales biliares (las más importantes son las derivadas del ácido cólico y del ácido quenodesoxicólico, además del aminoácido taurina, ayuda a la digestión de la grasa y es esencial).

Una vez digeridas la grasas se obtienen unos productos que son absorbidos por los enterocitos. Y en la región basal del enterocito son otra vez reconstruidos y forman las lipoproteínas, que son lípidos y proteínas asociadas.

Las lipoproteínas están formadas por un núcleo formado principalmente por lípidos neutros y en la parte externa hay fosfolípidos y proteínas (apoproteínas). Cuanta mayor cantidad de proteínas tenga una lipoproteína tendrá una mayor densidad y un volumen menor. Las lipoproteínas que se forman en el intestino de los peces serán lipoproteínas con gran cantidad de lípidos con un gran volumen y una densidad baja.

En los animales terrestres se forman principalmente los quilomicrones. Estos quilomicrones se transportan en los vertebrados terrestres en el sistema linfático. Pero en los peces el sistema linfático está muy poco desarrollado, por lo que no se forman quilomicrones tan grandes, sino una lipoproteína un poco más pequeña, la VLDL, que es mejor transportada en los capilares. En los peces los pocos quilomicrones que se forman también circulan por la sangre, en vez de ir por el sistema linfático. Del intestino las lipoproteínas viajan hasta el hígado por el sistema porta-hepático.

La mayor parte de la digestión de los lípidos se lleva a cabo en el intestino anterior, y en el posterior se realizará en mayor medida la absorción de los lípidos.

Desde el hígado hasta el resto de tejido, las grasas son distribuidas en lipoproteínas, siendo la más abundante la HDL (alta densidad), aunque también se presenta la LDL (baja densidad).

Lípidos esenciales para los peces:

Los peces utilizan los lípidos para obtener energía, la grasa del tejido adiposo es fundamentalmente triglicéridos, ácidos grasos saturados. Se acumulan en las vísceras, en el hígado, etc. Pero no en una capa gruesa bajo la piel como ocurre en mamíferos. Suelen ser ácidos grasos saturados o monoinsaturados (un solo doble enlace) que es lo que se usa para obtener energía (la grasa hepática y perivisceral).

Hay muchos ácidos grasos que pueden sintetizar los peces por sí mismos a partir de los cetoácidos y no son esenciales. Pero hay tres ácidos grasos que no los pueden sintetizar ni ningún pez, ni ningún vertebrado. Estos son:

- DHA, ácido docosahexaenoico. (22:6 n-3)
- ARA, ácido araquidónico. (20:4 n-6)
- EPA, ácido eicosapentaenoico. (20:5 n-3)

El docosahexaenoico es muy importante porque forma parte de las membranas de las neuronas del cerebro, de la retina y de otros órganos de los sentidos. El araquidónico y el eicosapentaenoico son precursores de eicosanoides.

Los vertebrados superiores son capaces de producir DHA y EPA a partir del ácido linolénico (18:3 n-3) y el ARA a partir del ácido linoleico (18:2 n-6). Los peces de agua dulce tienen las enzimas para sintetizar estos ácidos grasos. El linolénico y el linoleico está presente en los aceites vegetales. Por ejemplo, los esquimales no comen ni el linolénico ni el linoleico, pero si consumen directamente DHA, ARA y EPA. Los peces marinos no tienen las enzimas que transforman los ácidos grasos linolénico y linoleico, por lo que la totalidad de los ácidos grasos esenciales los tienen que obtener del medio.

LA ENERGÍA:

La energía no es un nutriente propiamente dicho, pero en nutrición se trabaja con la energía como si fuera un nutriente. La energía es una propiedad que tienen los nutrientes, un potencial que tienen los nutrientes de proveer energía para un organismo. La energía que tiene un nutriente depende de los componentes de la molécula y de los tipos de enlace que estabilizan la molécula.

Los carbohidratos tienen de media una energía determinada, y es lo que se llama el valor de combustión medio; que es la cantidad de energía media que se puede obtener de un nutriente cuando se oxida completamente. Para ello se usa una bomba calorimétrica que consiste en un aparato que tiene una cámara aislada y que en presencia de oxígeno yo la puedo calentar hasta 600° o 1000° de temperatura y puedo oxidar completamente el nutriente que pongo dentro, pues la cantidad de

calor que desprende el nutriente es el valor de combustión medio. Así que los carbohidratos tienen un valor medio es de 37,2 Kj, mientras que si oxido un gramo de proteínas el valor medio es de 23,6 Kj, y el nutriente del que se puede obtener mayor energía son los lípidos con 39,5 Kj.

Partición metabólica:

La energética es la ciencia que estudia como el organismo utiliza los nutrientes en lo que se llama la **partición metabólica** (los distintos requerimientos energéticos en los organismos). Dentro de esta partición metabólica se encuentra la **energía gastada** para mantener las funciones vitales, para la reproducción, para el crecimiento, para el movimiento, para la alimentación (ingestión, digestión, absorción).

La **energía ingerida** es la energía que el animal introduce en su organismo a través de la dieta, y es proporcional a la cantidad de alimento ingerido por el pez multiplicada por la cantidad de energía que tiene el alimento. Cuando la cantidad de energía de los alimentos la mido con la bomba calorimétrica se denomina energía ingerida determinada. Pero si no tenemos la bomba calorimétrica, se utilizan valores de combustión medios ya determinados para cada nutriente, multiplicando estos valores por la cantidad de cada nutriente que posee el alimento; y a esto se denomina energía ingerida calculada.

$$E_{\text{calculada}} = \%P_d \times VC_p + \%CH_d \times VC_{CH} + \%L_d \times VC_L$$

Hay una parte de la energía ingerida, que es fruto de que los procesos de la digestión y la absorción de los nutrientes en el tubo digestivo no son del 100%, que se pierde y es denominada **energía fecal**. La energía que proviene de la dieta pero no es absorbida. Para la valoración de la energía fecal hay que recoger la heces de los peces y pasarla por la bomba calorimétrica. Toda la energía que se obtendrá de las heces provendrá a demás de los nutrientes no absorbidos, de las enzimas de la nutrición, de las bacterias de la microflora del tubo digestivo y de la renovación del epitelio intestinal. A esta última porción de la energía de las heces que proviene de las células del epitelio intestinal la denominamos energía fecal de origen endógeno. Y por tanto para evaluar la energía fecal real deberemos de restar a la energía de las heces de energía fecal de origen endógeno (EF_o).

$$EF_R = \text{Energía de las heces} - EF_o$$

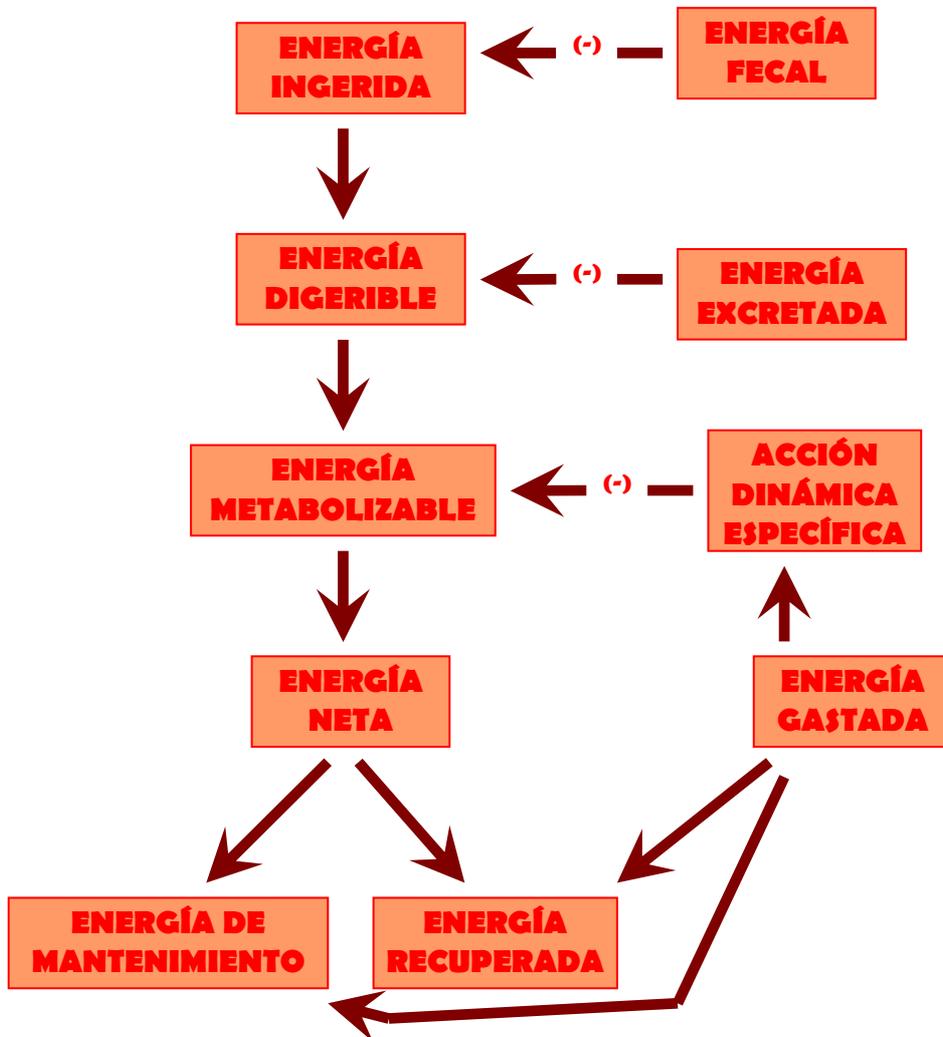
La energía digerida, la obtenemos de quitarle a la energía ingerida la energía fecal real. Es decir la **energía digerible** es la energía que potencialmente el animal absorbe y que pasa a la sangre y está a disposición de las necesidades metabólicas. Pero los peces no son capaces de oxidar completamente los aminoácidos, estos lo primero que hacen con los aminoácidos es desaminarlos, es decir, quitarles el grupo amino y transformarlo en amonio (NH₄⁺), que es un compuesto que aún puede ser reducido. Así que cuando un pez metaboliza una proteína todo el amonio que sale a través de sus branquias y de su orina es energía que se pierde, es la denominada **energía excretada**.

Si a la energía que el animal ha digerido y absorbido le restamos la energía que el animal desaprovecha al expulsar el amonio, nos queda la **energía metabolizable**. La energía metabolizable es la energía que el animal puede gastar en su metabolismo. Pero de esta energía en todo el proceso de digestión y absorción se ha

utilizado una energía denominada **acción dinámica específica (ADE)**. Es decir, es la energía que el animal ha utilizado en todo el proceso de la digestión desde la producción de enzimas y hormonas hasta los movimientos peristálticos o en la pérdida de epiteliales.

El resto de la energía es lo que se conoce como **energía neta**, que es la que el animal va a utilizar en mantener las funciones vitales (**energía de mantenimiento**), y el resto de la energía que queda es la **energía recuperada**, que es la parte de la energía neta que el animal puede utilizar para los movimientos o para crecer, en forma de crecimiento o de reproducción. Cuando el animal utiliza la energía para la natación, se vuelven a utilizar aminoácidos que contribuyen a la energía excretada.

La energética estudia estos procesos porque nos interesa que el animal utilice la mayor cantidad de energía para el crecimiento, con un estado de salud adecuado. Y para ello puedo actuar de muchas formas, o haciendo que la energía digerida aumente, o que el animal gaste menos en la digestión o en el mantenimiento, esto último es posible dando condiciones de luz y temperaturas adecuadas para que el animal no desaproveche la energía en estas acciones. Incluso controlando las corrientes del tanque para que la energía de al natación sea mínima.



LOS CARBOHIDRATOS:

Los carbohidratos no son un nutriente esencial, porque pueden ser sintetizados por el organismo a partir de otros nutrientes. Pero sí son una buena fuente de energía. En peces, es el componente más barato de la dieta, por lo que son muy importantes en su alimentación, así que hay muchos estudios al respecto, para intentar aumentarlos en la dieta y que ésta sea más barata.

En peces los lípidos tienen un gran "Efecto ahorrador" de proteínas, pero los carbohidratos no lo tienen, en todo caso, su "poder" es muy bajo en comparación con el "poder ahorrador" de los lípidos.

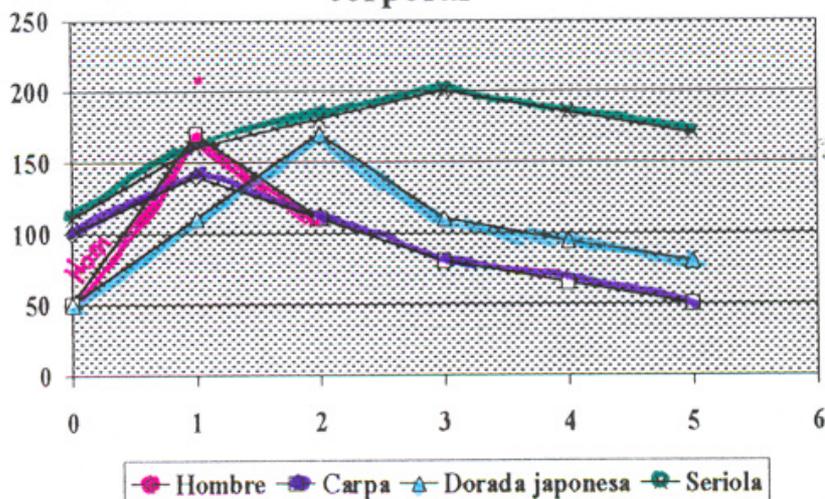
Sin embargo, los peces utilizan los carbohidratos peor que otros vertebrados, y dentro de los peces, los carnívoros los utilizan aún peor, su organismo está poco adaptado. Mientras más omnívoro sea el pez, mejor los utilizará, sin llegar a hacerlo jamás tan bien como lo lleva a cabo cualquier mamífero.

Si damos una gran cantidad de Carbohidratos, habrá una reducción del crecimiento.

Esto se debe a que la digestibilidad es baja, y al haber muchos CH, cubren a otras sustancias más digeribles en el aparato digestivo, impidiendo su correcta digestión. Además, muchos carbohidratos son fibras, que son indigestibles.

Además, si aumentamos mucho los carbohidratos en la dieta, debemos bajar la concentración (y por tanto cantidad por gramo de pienso ingerido) de otros nutrientes que sean más necesarios para el pez.

Niveles de glucosa en sangre después de alimentar con 167mg glucosa/100 g peso corporal



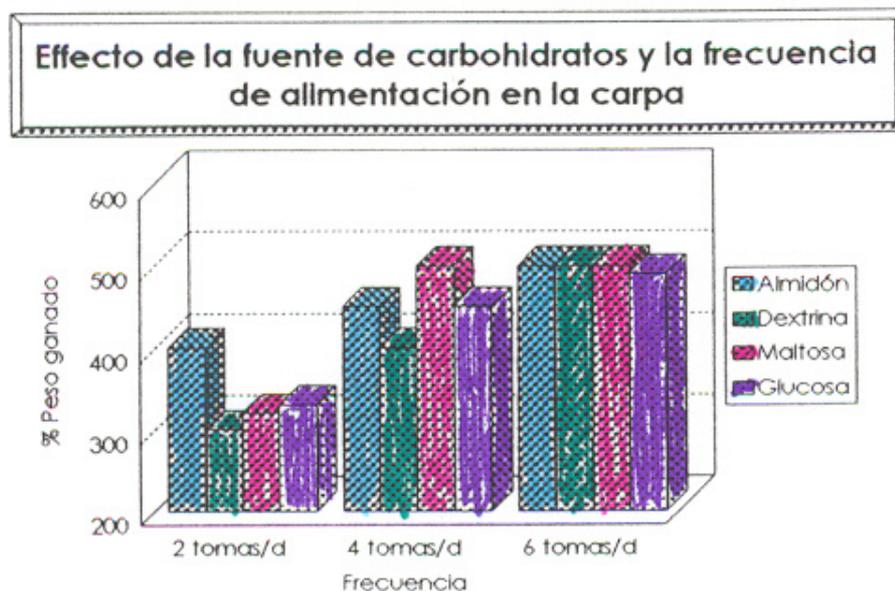
- **Hombre:** Su nivel de glucosa aumenta en un principio y después descende. Tarda en absorber la glucosa a sangre unas dos horas
- **Carpa:** es un pez herbívoro, y tiene unos niveles basales de glucosa más bajos que en el hombre, absorbe la glucosa y ascienden mucho sus niveles, tarda 5 horas en recuperar los niveles basales (existe un problema de utilización, de pasar la glucosa en sangre a los tejidos, porque tienen problemas de receptores de glucosa como la insulina)
- **Dorada japonesa:** es un pez omnívoro (pero tiene un grado mayor de presas en su dieta que la carpa) tiene una mayor insuficiencia de absorción de la glucosa. Tarda más que la carpa en recuperar los niveles basales (entre 6 y 7 horas)
- **Seriola:** La seriola es una especie carnívora, digiere muy mal la glucosa, y la absorbe muy mal (tarda casi 24 horas en recuperar sus niveles basales)

En la carpa, el tipo de carbohidrato suministrado en la dieta puede afectar a su absorción y crecimiento. Pero esto se puede solucionar cuando más tomas de alimentación, así, la diferencia de carbohidratos es casi inapreciable, come más y crece más.

Las diferencias son obvias en el crecimiento con pocas tomas de alimento diarias, esta diferencia en el crecimiento según las veces que se da el alimento y el tipo de carbohidrato, se debe a que los carbohidratos complejos como el almidón son usados progresivamente durante la digestión, transformándolo lentamente en glucosa que se absorbe rápido. Mientras que la glucosa sola se digiere rápido, pero la ruta de digestión de glucosa se satura y se desaprovecha una parte con las heces.

Al repartir el alimento en más tomas, como son pequeñas cantidades, la ruta no se llega a saturar, y se optimiza la toma de alimento.

Esto es efectivo para el almidón, la glucosa, la dextrina y la maltosa, en más tomas, como se ingiere poco cada vez, se digiere todo sin saturar las rutas y se absorbe, perdiendo muy poco por vía fecal.



Hay carbohidratos que son indigeribles, no sólo por parte de los peces, sino también por parte de otros animales; estas son las fibras, que son carbohidratos muy complejos y difíciles de digerir, por lo que no valen casi para nada, a excepción de para compactar el alimento; por lo tanto las fibras en los alimentos para peces deben de aparecer en una proporción muy baja.

Cuando las dietas de los peces son muy ricas en proteínas que aportan aminoácidos. Los aminoácidos pueden ser desaminados y pueden ser utilizados para sintetizar azúcares, e incluso también puede utilizar ácidos grasos libres. El uso de estos mecanismos para la producción de glucosa y azúcares frena el catabolismo de los azúcares. Por lo tanto el animal produce glucosa y evita la degradación de la glucosa ingerida.

LAS VITAMINAS:

Las vitaminas son también nutrientes esenciales, son nutrientes muy importantes para la vida pero en cantidades muy pequeñas. Hay macrovitaminas y microvitaminas:

- Las **macrovitaminas** son por ejemplo la vitamina C o la colina y son vitaminas que se requieren en cantidades superiores a 100 mg/kg de alimento.
- Las **microvitaminas** se requieren en cantidades muy inferiores a las macrovitaminas. Es debido a que no son nutrientes principales de producción de energía y que su función no es estructural, sino que es una función muy específica, son coenzimas o cofactores.

Las vitaminas afectan al metabolismo, al sistema reproductor, al sistema inmune, etc. En un organismo es raro que hayan síntomas específicos de deficiencia, a excepción de algunas, como la vitamina E, ya que si un animal tiene deficiencia de esta vitamina se desarrolla la enfermedad de , que consiste en una distrofia muscular aparente.

En comparación con otros vertebrados los requerimientos de vitaminas de los peces son mucho más altos, en concreto son más altos en el caso de las vitaminas hidrosolubles, ya que nada más que el pienso toca el agua estas se disuelven en gran medida, y es por ello por lo que en los piensos hay que administrar una mayor cantidad de vitaminas hidrosolubles. Y también en general las vitaminas del grupo B, ya que la microbiota del intestino produce gran cantidad de vitaminas, y en específico las vitaminas del grupo B; como los peces están continuamente bebiendo agua, los microorganismos del intestino de los peces son muy pocos, ya que continuamente están como lavando el digestivo; y por lo tanto todas las vitaminas que necesita el pez deben de ser aportadas a través del pienso. Por eso en general se añaden en cantidades superiores a las necesarias en el pienso. La vitamina C es una vitamina sensible, que se pierde en grandes cantidades, hasta un 90%.

Las vitaminas requeridas por los peces son muy parecidas a las de otros vertebrados, 4 vitaminas liposolubles y 11 vitaminas hidrosolubles.

Vitaminas liposolubles:

Las vitaminas liposolubles tienen como características comunes que son lípidos, tienen funciones específicas (no son coenzimas) y son las únicas vitaminas que pueden causar hipervitaminosis, y pueden acumularse en el organismo. Estas son:

- **Vitamina A o retinol:** esta vitamina tiene varias formas activas, retinol, retinal o ácido retinoico; todas son funcionales con mayor o menos actividad. Es muy importante en el metabolismo de los mucopolisacáridos, y es muy importante en las células epiteliales de todo el tracto digestivo, piel y otros órganos productores de mucus. La vitamina A tiene también otras funciones muy importantes como es la formación de la rodopsina junto con ácidos grasos (DHA), que es uno de los componentes de las células fotorreceptoras de la retina; también funciona ejerciendo un efecto muy importante en la formación de los huesos, produciendo si defecto deformidades, o si hay una hipervitaminosis puede producir también deformidades como la escoliosis.
- **Vitamina E o α -tocoferol:** esta vitamina tiene una misión muy importante como antioxidante, por lo que está presente en todas las membranas celulares del organismo. Esta vitamina evita que los ácidos grasos (más en concreto los ác. grasos poliinsaturados, ya que cuanto más dobles enlaces tenga el ácido graso más susceptible es a la oxidación) de la membrana se oxiden y desgasten. Por tanto, cuantos más ácidos grasos poliinsaturados haya en la dieta, mayores serán las cantidades de vitamina E que se requerirán. Esta vitamina también puede producir hipervitaminosis. En un organismo hay un mayor requerimiento de vitamina E que de vitamina A, y por tanto es más difícil que se acumule en los tejidos y que produzca hipervitaminosis. Una cosa

importante de la α -tocoferol (tocos es en griego reproducción) es que es muy importante y fundamental en la reproducción.

- **Vitamina D o calciferol:** tiene dos formas activas fundamentales, el coilecalciferol y ergocalciferol. La vitamina D es importante para la fijación del calcio en los huesos y para el metabolismo general del calcio. Para que la vitamina D funcione necesita de la radiación solar que activa las formas inactivas de la molécula.
- **Vitamina K o menadiona:** Es importante en los procesos de obtención de energía, interviniendo en la cadena de transporte de electrones y en la fosforilación oxidativa. Es la vitamina liposoluble que se requiere en menor cantidad. Y también es importante para la coagulación sanguínea.

Vitaminas hidrosolubles:

Las vitaminas hidrosolubles se agrupan en distintos grupos:

- **Vitaminas del grupo B:** que son 8 vitaminas distintas, como son la tiamina (B_1), niacina, ácido fólico, riboflavina (B_2), piridoxina (B_6). La característica de todas ellas es que son coenzimas en muchos de los ciclos del metabolismo, por tanto son imprescindibles para el metabolismo pero en cantidades muy pequeñas. El ácido fólico es muy importante también para el metabolismo de los huesos y en todo el desarrollo del embrión.
- **Vitamina C o ácido ascórbico:** es una macrovitamina con una función muy importante en el organismo. La vitamina E para realizar su función se oxida y la vitamina C actúa de dos formas: recuperando la vitamina E oxidada, haciendo que se reduzca y por otro lado hace que cualquier radical libre que haya en el organismo quede neutralizado.
- **Colina:** es una macrovitamina que forma parte de los neurotransmisores y forma parte de todas las células del organismo con una función estructural.
- **Inositol:** es un polialcohol que forma parte de todas las membranas celulares. Más en concreto el fosfatidilinositol (PI) forma parte de la membrana celular, y en esta membrana actúa como un mensajero intermediario; se recibe información del exterior de la membrana y por acción de la fosfolipasa A_2 libera ácidos grasos como el araquirónico.

LOS MINERALES:

Los minerales son unos 20, de ellos no se puede obtener energía y no forman parte de las estructuras del organismo. El pez pues absorber los minerales a través del digestivo o de las branquias, a partir de los que hay disueltos en el agua o con los piensos. No pueden ser sintetizados pero hay muchas interacciones entre ellos. Tiene muchas funciones, forman en cerebro, la presión osmótica, tejidos blandos, los impulsos nerviosos, forman parte de enzimas y vitaminas. Hay minerales importantes en gran cantidad como el potasio, calcio, magnesio, sodio; y otros en menor cantidad como el selenio.

Tema 6: El estrés. Incidencia sobre la producción y la patología. Prevención y profilaxis. Incidencia económica de las principales patologías de peces marinos cultivados.

El estrés es un conjunto de respuestas fisiológicas del organismo frente a una serie de factores que han alterado su estado normal (homeostasis). La pérdida de la homeostasis causa el estrés y provoca la alostasis (pérdida del estado normal del organismo). Otra definición es que el estrés es originado en situaciones del organismo para evitar la muerte o escapar de ella, son respuestas frente a un agresor o un factor estresante.

El estrés en sí no es malo, va a favorecer al organismo para recuperar su homeostasis.

Factores estresantes:

- El miedo o temor a algo puede causar estrés en los peces.
- El ruido también puede originar estrés en los peces.
- Los cambios en las luces son muy importantes en los peces marinos en los que puede provocar situaciones de estrés.
- La alta densidad de peces (es el segundo factor más importante), provoca la falta de alimento y competencia por este y también provoca una excesiva creación de amoníaco, ambos son factores estresantes.
- Cualquier sustancia tóxica o nociva puede resultar un factor estresante para los peces.
- Los cambios de temperatura (el factor estresante más importante), porque los peces son poiquiloterms (sangre fría) y tienen rangos óptimos y límites de temperatura, entre estos rangos se causa el estrés en los peces.
- El manejo típico de la acuicultura, es decir, el separar de los peces, su cuidado, etc... La lubina se estresa muy fácilmente con el manejo, la trucha y la carpa son más resistentes a éste.
- Las partículas en suspensión, estas van a rozar las branquias de los peces (formadas por epitelio delgado monoestratificado) que son muy delicadas y estas les causarían dolor y les conduciría a situaciones de estrés.
- La anoxia, las infecciones, la malnutrición (a través de la nutrición se pueden reducir las consecuencias negativas del estrés, esto ayudan la vitamina E y C, los ácidos grasos esenciales, los antioxidantes como los carotenoides).
- El ejercicio forzado, las anestésicas, etc... también son causas de estrés.

Peces estresados:

Los peces estresados sufren cambios de coloración y de comportamiento. Esta respuesta del estrés, puede ser una respuesta adaptativa provocando una recuperación de la homeostasis (cuando el pez huye de depredadores), pero si la respuesta producida por el estrés es maladaptativa el animal se va a morir.

El estrés provoca el “síndrome de adaptación general” (GAS), que tiene 3 etapas:

- 1) Fase de alarma: El organismo desencadena una serie de mecanismos inmediatos.
- 2) Fase de resistencia: Para intentar adaptarse y recuperar su homeostasis.

- 3) Fase exhaustiva: Aquí no hay recuperación posible y el pez acaba muriendo

Estrés a nivel fisiológico:

Los organismos sensoriales y la epífisis van a estimular al hipotálamo (ante factores estresantes, como cambios del medio); el hipotálamo va a segregar unas hormonas que provocan la respuesta primaria, activando el "HPI" (sistema hipotálamo-pituitaria-glándula inter-renal). El hipotálamo segrega CRF (factor liberador de la hormona corticotropa, es una neurohormona) que viaja hasta la adeno-hipofisis y allí las células adeno-corticotropas segregan la ACTH (hormona adeno-corticotropa) que viaja hasta la glándula interrenal (riñón) que segrega el cortisol (hormona más importante en el estrés). En los vertebrados superiores quien actúa es la cortisona; el cortisol es la sustancia que va a provocar todos los procesos del estrés.

A la vez que se activa el HPI, hay una gran liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) que van a preparar el sistema neural para que este atento ante cualquier cambio. Esta liberación de catecolaminas tendrá una acción más rápida que el eje HPI.

Como consecuencia de todo esto el animal desencadenará una serie de respuestas secundarias:

- Cambio en el balance hídrico: suben los niveles de Na y de Cl, mientras que bajan los niveles de K. Esto es debido a que el número de bombas $\text{Na}^+\text{-K}^+$.
- El pez cataboliza todas sus reservas (glucógeno, triglicéridos en el hígado), en la sangre aumentan las concentraciones de glucosa y de grasas.
- Aumenta la tiroxina, provocando que se activen las glándulas tiroideas que a su vez activan el metabolismo del animal.
- Surge una linfocitopenia (reducción de linfocitos para ahorrar energía en inmuno-defensas) y también aparece una neutrofilia (se incrementan los neutrófilos en sangre).
- Los peces aumentan su tasa respiratoria (hay más oxigenación) y también su presión sanguínea provocado por el aumento del catabolismo.
- El cortisol produce un descenso de los niveles de reserva de carbohidratos, sobretodo en el glucagón del hígado; en consecuencia se perjudica a cualquier acción que necesite del aporte de energía rápido que se obtiene del hígado. Pero aquellos peces que no son sometidos a condiciones de estrés durante mucho tiempo son capaces de recuperar sus niveles hepáticos de glucagón.
- Los peces alevines dejan de desarrollarse debido a la presencia del cortisol que inhibe que el 17OHP (sustancia que interviene en el desarrollo de los peces) se convierta en 17,20OP (promueve el desarrollo de los peces).

Todas las respuestas secundarias van a conllevar la aparición de las respuestas terciarias ante situaciones de estrés, y estas son:

- Comportamiento anómalo del pez: Se oscurece su color, nadan con movimientos esporádicos, se alejan del resto de los peces, etc...
- Inhibición del crecimiento: El aumento del gasto energético provoca que el pez no pueda crecer. Los peces sufren un cese en su tasa de crecimiento como consecuencia del estrés, que provoca una redistribución del gasto energético, ya que por efecto de este van a subir los niveles de cortisol en plasma lo que provoca que se genere una acción glucogénica estimulando la movilización de

los aminoácidos, grasa y azúcares para producir energía que no está destinada al crecimiento del animal.

- **Inmuno-supresión:** Bajan las defensas lo que puede conducir a la muerte.
- **La puesta se va a inhibir o se va a adelantar:** En el final de la gameto-génesis el estrés provoca un adelanto de la puesta, pero en los momentos anteriores a la gameto-génesis el estrés inhibirá la puesta y las gónadas serán reabsorbidas.

Tipos de estrés:

Existen 3 tipos de estrés:

- **Agudo:** Es un estrés puntual y bastante marcado (fuerte), un ejemplo de estrés agudo es cuando a un banco de sardinas se les acercan atunes, como consecuencia de esto las sardinas se estresan. En acuicultura el que una persona se asome a un tanque o cuando se capturan los peces para su pesado y control, origina un estrés agudo en los animales. También los cambios bruscos de temperatura causan este tipo de estrés; su mayor característica es que tras un breve tiempo los peces recuperan su estado normal.
- **Crónico:** Este tipo de estrés permanece a lo largo del tiempo. La respuesta a este estrés puede ser adaptativa o maladaptativa. Un ejemplo de este tipo de estrés es el causado por los cambios climáticos en los arrecifes de coral o el fenómeno del niño. En la acuicultura este tipo de estrés se da por la alta densidad de peces en un mismo tanque (es muy frecuente este tipo de estrés cuando hay entre 48-80 Kg de pescado/ m³), también la mala calidad del agua por su falta de renovación causan este estrés. Otra de las posibles causas son las características medioambientales inadecuadas como la mala iluminación, a veces hay que cubrir los tanques con lonetas para evitar que los peces se estresen.

El estrés crónico va a desarrollar el mismo tipo de respuestas que el estrés agudo, pero si los peces no son capaces de recuperarse sufrirán una bajada de sus defensas y los patógenos oportunistas que en condiciones normales no afectarían al pez, ahora podrán provocarle la muerte.

- **Repetitivo:** Es la repetición del estrés agudo (lo más normal) o el estrés crónico. Este tipo de estrés puede producirse durante la selección de tallas que provoca que los peces estén continuamente separándose, acto que se lleva a cabo de forma manual.

Tema 7: Principales enfermedades en acuicultura. Caracterización, prevención y tratamientos.

PATOLOGÍA EN ACUICULTURA

Importancia de las enfermedades:

Las pérdidas por enfermedades no son muy grandes en acuicultura, están en torno al 10%, sin embargo, en algunas situaciones como en el caso de enfermedades víricas, se puede perder hasta el 100% de la producción.

En el caso de algunos virus, no sólo pierdes toda la producción, sino que hay que parar toda la producción, cerrar el lugar, esterilizar, etc., perdiendo casi un año hasta comenzar con la siguiente remesa.

La aparición de enfermedades se debe a patógenos como los virus, las bacterias, los parásitos, etc., que afectan a la calidad del agua.

El animal en el medio acuático se encuentra en mayor contacto con patógenos que en el medio terrestre, aunque casi todos son oportunistas.

La calidad del agua se puede ver afectada por metabolitos (orgánicos, amonio...)

La nutrición, sus alteraciones o deficiencias pueden influir en la aparición de enfermedades (mala conservación del pienso, desequilibrio de nutrientes, pienso contaminado por microorganismos...)

El estrés es una condición que también puede favorecer la aparición de enfermedades.

Tipo de envío de muestras para estudios patológicos:

Si tenemos peces afectados por una enfermedad y queremos mandar muestras a analizar, debemos de intentar que estén en el mejor estado posible.

Lo ideal es que los animales enfermos lleguen al laboratorio vivos. Si envías a un animal que ya estaba muerto en el tanque cuando lo cogiste, habrá sido invadido por muchísimos patógenos que están en el agua, y no se podrá determinar claramente cuál de ellos causó la muerte.

Si no podemos enviarlo vivo, lo sacamos vivo del agua y lo ponemos en agua con hielo, para que llegue fresco.

Si lo tenemos que mandar congelado, el agua romperá las células, así que no es muy buena solución, pero bueno, también podemos enviar alguno en formol (tamponado al 4%, envuelto en papel húmedo con formol) para que puedan ver el aspecto de las células y órganos sin dañar.

Si hay que enviarlo muerto, lo haremos como último remedio y si no hay otra opción, por ejemplo cuando muere toda la producción en un periodo muy corto de tiempo.

Alteraciones del comportamiento:

Los peces cuando están enfermos sufren una serie de alteraciones en su comportamiento. La más preocupante es que dejen de comer, porque eso implicaría que el animal está muy mal, y será muy difícil recuperarlo. Siempre debemos intentar evitar que el pez llegue a este estado.

Los peces suelen alejarse del grupo, por ejemplo yéndose a las esquinas del tanque. En algunas enfermedades (pero no en todas) es frecuente que se oscurezcan, por la relajación de los melatóforos, unas células que almacenan cromatina.

La enfermedad del torneo está causada por un parásito del sistema nervioso, causa efectos muy visibles, ya que el animal gira continuamente en espiral, es típico de peces de agua dulce jóvenes.

Si el pez tiene parásitos externos o en las branquias, lo podemos saber observándolo, ya que se “rasca” contra el suelo y las paredes del tanque (nada de forma normal y al acercarse a la pared, se frota contra ella y continúa nadando normalmente)

GENERALIDADES DE ENFERMEDADES PARASITARIAS EN ACUICULTURA

En cultivos de acuicultura de tipo rural, poco sofisticados, lo más frecuente es encontrar endoparásitos. Sin embargo, a medida que la acuicultura se va especializando más y se va intensificando, lo que se suelen encontrar son ectoparásitos, siendo los endoparásitos más infrecuentes. Esto está relacionado sobre todo con el tipo de alimentación que reciben los peces. En la acuicultura de tipo rural, poco intensiva, el control que hay sobre la alimentación es más bien bajo, se alimentan los peces con restos de pescado u otros alimentos, haciendo que el foco principal de infección por parásitos provenga de la alimentación. En la acuicultura más intensificada, el alimento está mucho más controlado, pero la probabilidad de tener parásitos viene de esta intensificación, y los parásitos más frecuentes son entonces los ectoparásitos.

Respecto al ciclo de vida de los parásitos (directo o indirecto), cuanto más intensiva la acuicultura, más fácil es que haya parásitos de ciclo directo. Lo más frecuente entre los ectoparásitos es que afecten a las branquias, pero pueden encontrarse parásitos en todos los tejidos del pez.

En general en acuicultura el problema principal de los parásitos no es la mortalidad que puedan causar (no suelen causar grandes mortalidades), sino que provocan estrés en los peces, causando una reducción en el crecimiento y un incremento en los índices de conversión (cantidad de alimento que necesita un animal en general para engordar un kilogramo, $IC = \text{alimento ingerido} \cdot \text{peso ganado}$). Esto es debido a que el estrés afecta al metabolismo y cada vez hace falta más alimento para engordar un pez un kilo. También hacen que se debilite su sistema inmune, haciéndolos más proclives a sufrir enfermedades. De hecho, es muy frecuente que las mortalidades ocasionadas por parasitismos se deban a infecciones secundarias. Si el parásito ataca las gónadas puede provocar la castración.

Los parásitos de acuicultura generalmente tienen una especificidad más por grupos de peces que por especies, aunque hay algunos más específicos. Los parásitos pueden ser protozoos, platelmintos, nemertinos, anélidos, moluscos, crustáceos y vertebrados.

Los parásitos también se incrementan con la densidad de cultivo. Esto se debe a que en el mar la densidad es muy baja, y el parásito, para buscar nuevos huéspedes y trasladarse de uno a otro, han desarrollado muchos mecanismos de contagio, por lo tanto, con altas densidades de peces, se ven enormemente favorecidos.

Enfermedades parasitarias más frecuentes en acuicultura:



Criptocarionosis (o enfermedad del punto blanco):

Es uno de los parásitos de acuicultura más frecuentes. Afecta a peces marinos, sin distinción de especies. Esta enfermedad está ocasionada por el protozoo *Cryptocaryon irritans*, que es ciliado, esférico y tiene un núcleo cuatrimpartito. Normalmente aparecen con una

elevada densidad de peces, ya que esto provoca una disminución de sus defensas.

Sintomatología:

Aparición de puntitos blancos muy pequeñitos (como granos de sal) en piel y branquias. No causa un daño fisiológico demasiado importante en el pez, dado que se alimenta del mucus. El problema es la irritación que produce en la piel, tratando el pez como de rascarse o frotarse contra las paredes del tanque. La irritación de la piel provoca un aumento de la producción de mucus. Este comportamiento es típico cuando existen ectoparásitos en la piel de los peces, por tanto también es típico de la criptocarionosis. Al ir frotándose contra las paredes del tanque se empiezan a descamar, haciéndose más susceptibles a infecciones bacterianas, y pudiendo producir hemorragias. El parásito va penetrando en la piel hasta llegar a enquistarse, dando lugar a hiperplasias.



Tratamiento:

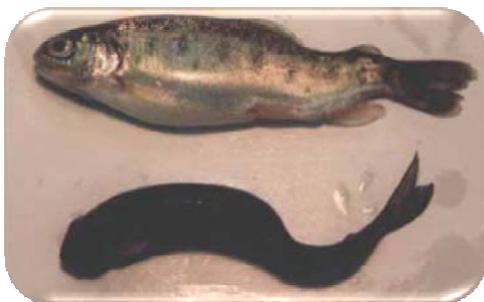
Se suelen tratar con formol y verde de malaquita. El verde de malaquita es cancerígeno, por tanto sólo se usa en peces de acuario, para los de consumo sólo se utiliza el formol. Normalmente, frente a un parasitismo, suelen cambiarse los peces de tanque para efectuar el tratamiento.

Tricodiniasis:

Está causada por protozoos del género trichodina sp. Afecta también a peces marinos, y son parásitos ectocomensales, (al igual que el cryptocaryon), se alimentan básicamente de mucus y restos de alimentos. También son ciliados y esféricos, pero se diferencian muy fácilmente del cryptocaryon. Los cilios se van agrupando en forma de espiral. Están asociados también a una elevada densidad de peces, y se encuentra sobre todo en las branquias, aunque también puede afectar a la piel. Se trata con formol principalmente.



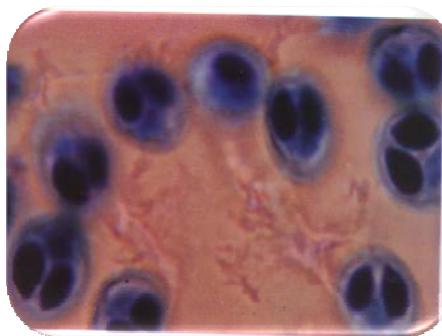
Enfermedad del torneo (Myxosoma cerebralis):



Esta enfermedad está causada por el endoparásito *Myxosoma cerebralis*, un esporozoo (protozoo) que afecta sobre todo a salmónidos, y se enquista normalmente en los cartílagos cefálicos, aunque también se puede encontrar en el tejido nervioso. Tiene una sintomatología muy característica, los peces afectados nadan en círculos o espirales hacia abajo. Suele afectar a peces jovencitos. Tiene unas esporas muy características, piriformes y muy oscuras. Es un parásito de ciclo indirecto,

siendo transmitidos a los peces por oligoquetos. Esta enfermedad también se caracteriza por una natación a veces nerviosa y descoordinada. No tiene tratamiento y puede afectar a un porcentaje alto de la población, que termina por morir (todos los peces afectados por esta enfermedad mueren), pero no tiene porqué afectar a todo el tanque. Para evitar el contagio a otros peces, simplemente hay que separar a los peces afectados a otro tanque.

(Aparte hay que estudiarse los parásitos que se dieron en su correspondiente seminario)



GENERALIDADES DE ENFERMEDADES BACTERIANAS EN ACUICULTURA

En el medio acuático existe ya de por sí mucha flora bacteriana. Además en acuicultura, si incrementamos la densidad de peces y la producción de desechos, se incrementa la cantidad de materia orgánica, por tanto se incrementa la presencia de bacterias. Sin embargo, es raro encontrar en estas poblaciones de bacterias, bacterias muy virulentas o patógenas obligadas de los peces. En la mayoría de los casos, hasta el 90% de las bacterias del tanque son patógenos oportunistas, no son potencialmente dañinas para los peces. Solamente cuando el pez está debilitado por distintos motivos, pueden infectarlo. Muchas veces, algunas de estas bacterias pueden producir sustancias dañinas como las agresinas o las toxinas (endo o exotoxinas).

Las bacterias poseen pared celular y membrana celular, carecen de núcleo, pueden tener cilios o flagelos, y tienen división asexual. Para combatirlas pueden ser tratadas con antibióticos bactericidas (que destruyen a la bacteria) o bacteriostáticos (que impiden la división celular, su crecimiento, al impedir la formación de una pared celular consistente).

Pueden crear resistencia por episoma, que es un trozo de ADN circular (nuevo para la bacteria) que puede contener la información necesaria para codificar y crear una sustancia que bloquee al antibiótico.

Las infecciones bacterianas, tanto en acuicultura como en peces salvajes, pueden producir grandes mortalidades. Normalmente están desencadenadas por factores estresantes. La incidencia es parecida en agua dulce y en agua de mar, al contrario de lo que pasa con los virus.

Enfermedades bacterianas más frecuentes en acuicultura:

Vibriosis:

Ésta es una enfermedad fácilmente reconocible en acuicultura, tiene una sintomatología bastante clara, y puede ser desencadenada por muchos tipos distintos de vibrios (hay muchas especies de vibrios). En peces marinos son muy importantes y hoy en día sigue causando mucha mortalidad, por eso hay muchas vacunas. Aparece por ejemplo en dorada, lubina, rodaballo, seriola, y en especies de agua dulce como los salmónidos, carpas...

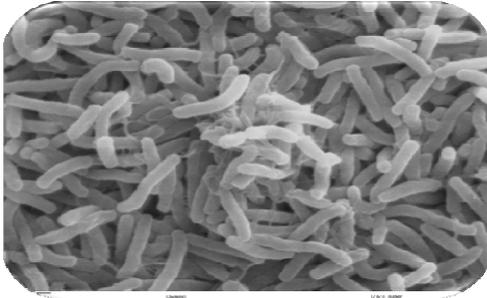


En los años 70-80, la vibriosis ocasionaba grandes pérdidas en los cultivos de anguila de Dinamarca, y era conocida como la peste roja (al provocar hemorragias en las anguilas, quedando como enrojecidas). Fue una enfermedad muy temida, pero hoy en día está muy controlada.

De todas las especies de vibrio que hay, se han encontrado sólo 7 que puedan causar enfermedades patógenas en los peces. De éstos, el más temido y virulento es el *Vibrio anguillarum*, que ocasiona mayores mortalidades. En Canarias no existe, pero sí en España, sobre todo en el norte. El *Vibrio alginolyticus* también es muy virulento

(aunque no tanto), y se encuentra más en la parte sur de la península, además de ser el vibrio que sí está presente en Canarias.

Muchos vibrios (no patógenos) forman parte de la flora habitual del intestino, y son beneficiosos para los peces. Entre otras cosas, son capaces de sintetizar algunos nutrientes, como por ejemplo ácidos grasos esenciales.



El vibrio típico es un bacilo Gram (-), de entre 2 y 3 μm de largo, dotado de un único flagelo que les permite una elevada movilidad. El *Vibrio anguillarum* mide media micra de ancho x 1.5 μm de largo aproximadamente. Forman colonias redondeadas y de un color cremoso. Estas bacterias tienen una gran capacidad para vivir en ambientes muy diferentes, a distintas temperaturas, y son capaces de reproducirse en

condiciones de oxígeno muy diferentes también. Los vibrios producen agresinas (también llamadas productos extracelulares tóxicos) que causan daños en peces. En el caso del *Vibrio anguillarum*, rompe los glóbulos rojos del pez, causando anemia hemolítica.

Puede contagiarse a través de otros peces portadores, o pequeños invertebrados que existan en el tanque.

La vibriosis suele aparecer sobre todo al final del verano, cuando suben las temperaturas y pueden reproducirse con mayor rapidez. Asimismo, los peces tienen un metabolismo mayor, por lo que producen mucha más materia orgánica.

Puede ocasionar mortalidades de hasta el 50% de la población de peces.

Sintomatología:

La vibriosis tiene una etapa de vibriosis inicial y una de vibriosis crónica. En la etapa inicial, los animales afectados de vibriosis, generalmente se oscurecen, se alejan de los demás peces, comen mucho menos, y están como aletargados. A medida que progresa la enfermedad, van apareciendo hemorragias, sobre todo alrededor de la cabeza y de la cavidad abdominal, incluso pueden aparecer úlceras. Un pez que se encuentre en la etapa inicial, tendrá anemia hemolítica, y sus branquias serán muy pálidas (aunque no presentarán hemorragias). Además también presentará septicemia cefálica (úlceras). También se ha descrito eritrema anal (enrojecimiento). Al final terminan muriendo.

Cuando los animales resisten a la enfermedad, ésta pasa a ser crónica, y se enquistan en los ojos, y la córnea se vuelve opaca (blanca), pudiendo perder el ojo el animal. Las úlceras de la región cefálica se hacen permanentes.

Tratamiento:

Hay una gran restricción en el uso de antibióticos en acuicultura. Se suelen tratar con ácido oxolínico y oxitetraciclina. El problema es que a veces ocasiona cepas resistentes. Se han desarrollado vacunas muy eficaces, normalmente se introducen vía intramuscular.

Pasteurellosis:

Photobacterium damsela, subespecie piscicida. Forma colonias de color blanco, son también Gram (-), y son bacilos cortos sin flagelos. También tienen productos extracelulares tóxicos, con actividad fosfolipasa. Esta enfermedad aparece cuando va subiendo la temperatura, como el vibrio, y sobre todo cuando se eutrofiza el medio. En los últimos años ha ido aumentando la incidencia de esta enfermedad.

Sintomatología:

Hemorragias en la cabeza y en las branquias, septicemias, ... aunque cuando se mueren no suele saberse a ciencia cierta si es pasteurellosis. Para ello, hay que abrir al

pez y ver sus órganos internos. En algunos aparecen como unos gránulos, que son quistes de la bacteria. Estos gránulos aparecen sobre todo en el riñón y en el bazo.

Prevención:

Existen vacunas, pero no son tan eficaces como las de vibrio. También se trata con ácido oxolínico, oxitetraciclina y ampicilina.

Enfermedad de las branquias:

Aparece en salmónidos y también en peces marinos (rodaballos, dorada, etc). Aparece sobre todo en peces en jaulas, dado que hay un control mucho menor de la calidad de agua. Está causada por varios tipos de bacterias (Flexibacter y Cytophaga).

Sintomatología:

A los peces infectados se les inflama la cabeza (en alevines se le denomina síndrome del alfiler), las branquias también se infectan, estas se irritan y segregan mucus que forma masas algodonosas en éstas, también va a producir telangiectasis (fusión de las laminillas secundarias por infección en las branquias).

Tratamiento:

Su tratamiento se realiza con surfactantes que limpian el mucus al hacerlo más fluido. Esta enfermedad no causa gran mortalidad pero debilita al animal, porque reduce el intercambio de gases.

Prevención:

La incidencia de esta enfermedad está aumentando, pero actualmente no existe ninguna vacuna contra esta infección.

GENERALIDADES DE ENFERMEDADES VÍRICAS EN ACUICULTURA:

Estas enfermedades están causadas por virus muy pequeños (20-30 nm) que suelen ser sencillos y están envueltos por una capa proteica, son de replicación simple y van a necesitar los ribosomas de las células sobre las que actúen para poder replicarse.

Como todos los virus, los que afectan a los peces pueden tener ADN o ARN, pero nunca los dos; generalmente los virus ARN suelen ser más virulentos que los virus ADN.

Algunos de estos virus pueden tener una capsida adicional de proteínas siendo encapsuladas o no. Los virus tendrán forma cúbica o helipsoidal o forma compleja, aunque estos últimos no están presentes en la acuicultura.

Características de las enfermedades víricas:

Por norma general todos los virus que se han detectado en la acuicultura presentan una serie de características comunes:

- Estos virus tienen poca incidencia en el medio natural y solo afectan a individuos aislados, es decir no causan viremias.
- Suelen aparecer en aquellos animales que tienen su sistema inmunológico deprimido (defensas bajas); sobretodo aparecen en larvas o animales estresados.
- Las enfermedades víricas en la acuicultura son más comunes en los peces de agua dulce, ya que estos fueron los primeros peces en cultivarse (su cultivo es bastante antiguo) y las enfermedades han podido ir pasando de unas granjas a otras cuando se traían alevines para su engorde o cuando se pasaban los

peces de etapas juveniles a granjas donde se realiza su última etapa de engorde antes de venderlos. En cambio esto no ocurre en peces de agua salada porque su cultivo es mucho más reciente.

- Los virus van a afectar a huéspedes específicos, no a todas las clases de peces.
- A los virus de la acuicultura como al resto de los virus, les afecta mucho la temperatura, los virus que actúan sobre peces de agua fría solo están presentes entre los 4 y 24°C, mientras que los virus que atacan a peces de aguas cálidas están presentes entre los 15 y 30°C. Por encima de los 35°C no se ha detallado la presencia de ninguna enfermedad vírica. Además como los peces son poiquilotermos, su sistema inmune se ve también afectado por la temperatura. En acuicultura ante la presencia de enfermedades víricas en temperaturas cálidas, lo que se hace es enfriar el agua.

Posible desarrollo de la ENFERMEDAD

Al igual que todos los animales, los peces pueden actuar de varias maneras frente a los virus, concretamente de 5 formas:

- 1) El pez no desarrolla la enfermedad y acaba eliminando al agente vírico.
- 2) El pez no desarrolla la enfermedad pero se convierte en portador de la misma, siendo un reservorio de la enfermedad.
- 3) El pez desarrolla la enfermedad y acaba muriendo por esta.
- 4) El pez desarrolla la enfermedad, luego elimina al virus que le produjo la enfermedad y acaba por recuperarse de ella.
- 5) El pez desarrolla la enfermedad y se recupera de ella, pero se convierte en portador de la enfermedad.

Tipos de transmisión:

Los virus se transmiten entre los peces de tres maneras diferentes, aunque estos tipos de transmisión también se dan en los animales terrestres.

- Horizontales: ocurre cuando un pez se alimenta de un congénere o pez de su misma especie que ya estaba infectada, en la acuicultura solo ocurre entre peces que se encuentran en la misma jaula.
- Vertical: la transmisión de la enfermedad se produce de padres a hijos; esta es muy importante para la acuicultura, porque los huevos los produce una empresa pero los alevines van a otras, pudiendo infestar a esa otra empresa.
- Huéspedes intermediarios: esto es muy raro que se dé en la acuicultura, se produce cuando peces de otras especies transmiten la enfermedad a los peces que se están cultivando. En la acuicultura solo ocurre en aquellas jaulas colocadas en el mar, en las que el virus se puede transmitir a través de la malla que mantiene cautivos a los peces.

Enfermedades víricas más frecuentes en acuicultura:

Linfocistes:

Es una enfermedad típica de peces de agua salada, aunque también aparece en animales de agua dulce; este virus es típico de aguas frías y templadas. Es una

enfermedad muy típica de la dorada y suele aparecer en todas las granjas de los países del mediterráneo.

Esta causada por un “iridovirus” hexagonal con material genético ADN. Esta característica es importante para su diagnosis. Es una enfermedad crónica pero no ocasiona mortalidad, se desarrolla en pocas semanas, además puede ser una enfermedad recurrente, es decir, el pez se puede recuperar de la enfermedad para más tarde volver a recaer (es como una gripe mal curada).

Esta infección se localiza en las branquias y en la piel y no es mortal, crea una serie de granulomas perlados que se forman por una neoplasia constituida por una hipertrofia de los fibroblastos infectados, aparte también causa inflamación. Penetra en el tegumento sobre todo a causa de heridas o descamaciones.

Muchos autores dicen que esta enfermedad penetra en el pez cuando el tegumento (escamas) está dañado por el manejo, etc..., aunque también aparece en animales que no han sido tratados, por lo que se piensa que esta enfermedad es de transmisión vertical y no tiene tratamiento ya que no causa pérdidas, excepto cuando afecta a los peces de talla comercial.

Esta enfermedad no produce zoonosis.

Encefalitis vírica de la lubina:

Esta es una enfermedad que afecta a la lubina, se ha visto en lubinas salvajes, pero no se ha desarrollado en doradas, aunque puede que éstas actúen como portadoras de la enfermedad. En un principio se pensó que esta enfermedad la causaba un picornavirus, pero más tarde se descubrió que el culpable es un “nodavirus” con ARN, que es un virus muy pequeño de unos 22- 25 nm.

Esta infección cuando afecta a una granja puede causar el 100% de mortalidad y que la granja que sufre este ataque sea puesta en cuarentena durante 4-5 años, en los que no puede cultivar nada.

Este virus provoca lesiones histopatológicas (vacuolización) del tejido neural infectado por el virus. Se desarrolla en animales jóvenes, principalmente en larvas y alevines.

Generalmente esta infección suele aparecer durante el verano porque el virus se ve favorecido por las temperaturas altas, al igual que linfocistes esta enfermedad se transmite de forma vertical y se cree que también de manera horizontal.

Historia: la lubina se comenzó a cultivar en los 80 en Francia y la mayor producción de lubina se consiguió a finales de los 80 en Italia. A principios de los 90 se produjo un “Boom” en la producción de dorada y lubina en Grecia, pero tuvieron el error de no montar criaderos y las instalaciones no contaron con apoyo veterinario, por lo que cuando esta enfermedad afecto a sus granjas todo el negocio se fue a pique.

Esta enfermedad también llegó a España, pero aquí se evitó la entrada de huevos infectados (y también los no infectados), por lo que se evitó la proliferación de la enfermedad. Actualmente la incidencia de esta enfermedad a nivel mundial es muy débil.

Necrosis pancreática infecciosa (IPN):

Esta enfermedad afecta sobre todo a salmones y en menor medida a lubina y rodaballo. Esta enfermedad la produce un virus aun sin clasificar que tiene ARN de doble cadena bisegmentada. Es una infección que ocasiona una alta mortalidad en los peces de agua dulce, principalmente alevines y aunque los peces infectados pueden recuperarse de la infección nunca vuelven a crecer como lo hacían estando sanos. El virus va a afectar a cerebro, páncreas, hígado, bazo e intestino; los órganos afectados presentan necrosis y hemorragias. La enfermedad se transmite de forma vertical y horizontal.

Se pueden detectar a los peces que están infectados, porque antes de morir el pez nada en círculos de forma errática. Existen vacunas para paliar esta enfermedad, estas vacunas se les administran a los peces mediante inyecciones en el lomo, para suministrarles estas vacunas a los peces se les hace pasar por un tubo uno a uno para luego salir a manos del cuidador que les pone la inyección.

Si se detecta esta enfermedad en alguna granja, se van a quemar todos los animales (como con las vacas locas) y se procede al cierre de la granja.

Historia: la primera vez que apareció esta enfermedad fue en Canadá en la década de los 40, desde allí la infección se extendió hacia Europa en los años 60 merced a los envíos e huevos procedentes de Canadá, de alguna manera que aún se desconoce esta enfermedad acabo afectando a las lubinas en el 84 y al rodaballo en el 87.

Tema 8: Mejora genética en piscicultura: Fundamentos y objetivos. Estrategias de mejora. Programas de Mejora.

En la piscicultura, llega un momento en el que con el uso exclusivo del manejo, no se pueden obtener más mejoras, por tanto para optimizar la producción y obtener así aun mejores resultados se aplican técnicas genéticas; es por esto que la genética goza de tanta importancia en la acuicultura.

OBJETIVOS DE LA MEJORA EN ACUICULTURA

El objetivo de la mejora genética, es aumentar la producción de peces de primera calidad (los de mayor peso y tamaño). Para ello, se va a aumentar la heredabilidad de los peces de primera calidad, de forma que la selección aumenta produciéndose un aumento de la media de la población:

Los métodos de la mejora genética son 3:

- 1) Selección artificial: Con todas sus variantes, individual, masal, familiar o interfamiliar. Aquí se van a manipular los sistemas poligénicos se manipulan a nivel poblacional, y será la población lo que experimente un cambio genético para el carácter seleccionado.
- 2) Cruzamiento: Aquí se van a manipular los sistemas poligénicos usando la información de los valores fenotípicos de los individuos, puede ser interespecífico e intraespecífico.
- 3) Biotecnología: Se aprovecha lo obtenido a través de la selección artificial y el cruzamiento, de la variación genética que han realizado sobre los animales, esto lo hace mediante la transgénesis o la manipulación cromosómica.

Para realizar la selección artificial se debían tener en cuenta una serie de objetivos y criterios de selección, además de los métodos, los inconvenientes, los programas de selección y sus esquemas y su modo de difusión. Para que una selección tenga éxito es imprescindible que haya una correlación entre el criterio de selección utilizado y el valor mejorante del individuo que se selecciona en virtud del atributo que se quiere mejorar.

Si los reproductores se seleccionan siendo “los mejores de entre los mejores”, podemos cambiar la media de la población más fácilmente.

Teóricamente es fácil, pero en la práctica no siempre es así.

Debemos empezar por familias de las que conozcamos su genoma.

Si la característica que queremos desarrollar es “genómica aditiva” que depende sólo de los genes, podemos obtener fácilmente resultados muy efectivos. (Por ejemplo, la forma del pez, más alargado o más corto)

Si la característica es genómica aditiva, pero influenciada por el ambiente, no es tan efectiva. (El tamaño, genéticamente tiende a crecer mucho, pero si carece de los nutrientes necesarios, se frena el crecimiento)

Así, podemos prever lo que pasará sin hacer los cruces.

Descomposición de la varianza por diseño:

$$\sigma_p^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2 + \sigma_E^2$$

Esto es: Familia -1 Familia -2 Familia-3... Familia-m

Lo que nos interesa es conocer la varianza genética entre familias y entre los distintos individuos de la misma familia. El fenotipo nos puede dar una idea general de lo que subyace en el genoma del individuo, pero no es algo fiable.

El grado de determinación genética son todos los caracteres no ambientales, genéticos, del pez.

$$\text{Heredabilidad: } h^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_p$$

$$\text{Grado de determinación Genético: GDG} = \sigma^2_G / \sigma^2_p$$

Entre los objetivos de la selección hemos de destacar:

- La eficiencia en la conversión del alimento (complicado y casi impracticable en los peces). En 1983 Kinghorn consiguió una eficiencia del 3% en la alimentación de la trucha arcoíris.
- La resistencia a la enfermedad: Es un carácter de naturaleza complejo que es difícil de mejorar, la mejor forma de hacerlo es por selección directa. En 2 generaciones de carpas los noruegos y canadienses aumenta su resistencia de un 25% a un 90%.
- La edad de la madurez sexual: Muy importante en los salmones, se intenta que el pez alcance el tamaño comercial antes de que madure. Pero la madurez va en concordancia al crecimiento en tamaño del pez.
- La tasa de crecimiento: Es el carácter que más se ha explotado. Los que mejor crecen son los que mejores características poseen.
- La calidad de la carne.
- Tasa de supervivencia.
- La tolerancia a la salinidad.
- La fecundidad.

Los objetivos de selección más comunes:

- Resistencia a enfermedades
- Tasa de crecimiento
- Edad a la madurez sexual.

En los peces se realiza selección individual (de un pez solo) o familiar (se selecciona la familia con mayor media) o combinada.

La selección familiar es muy importante en peces, pero se usa poco en animales terrestres. En la selección masal (o individual), tras el paso de las generaciones, no va a haber un aumento de la media de la población, porque ésta aquí depende de un solo individuo, en cambio en la selección familiar, generación tras generación la media de la población aumenta, ya que en este caso la selección se hace a partir de una familia de peces, ya que todos los individuos de esta familia han sufrido la misma asimetría.

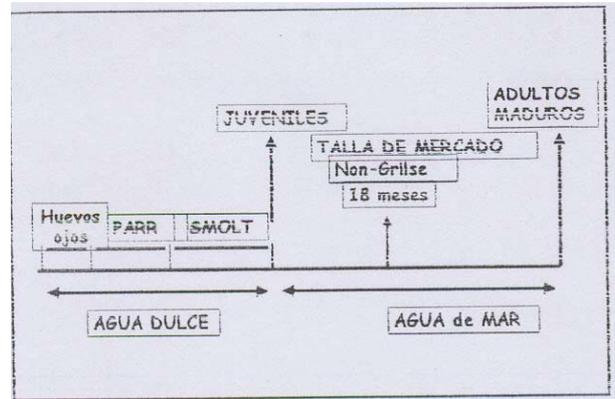
La competencia por el alimento puede generar deficiencias en el peso, pero 2 peces en estas condiciones de competencia no tienen porque ser genéticamente diferentes.

Un punto importante dentro de la selección artificial es la domesticación, ya que cuanto mayor es el número de generaciones en cautividad, mejor va a resultar su crecimiento en tamaño.

PROGRAMAS DE MEJORA GENETICA:

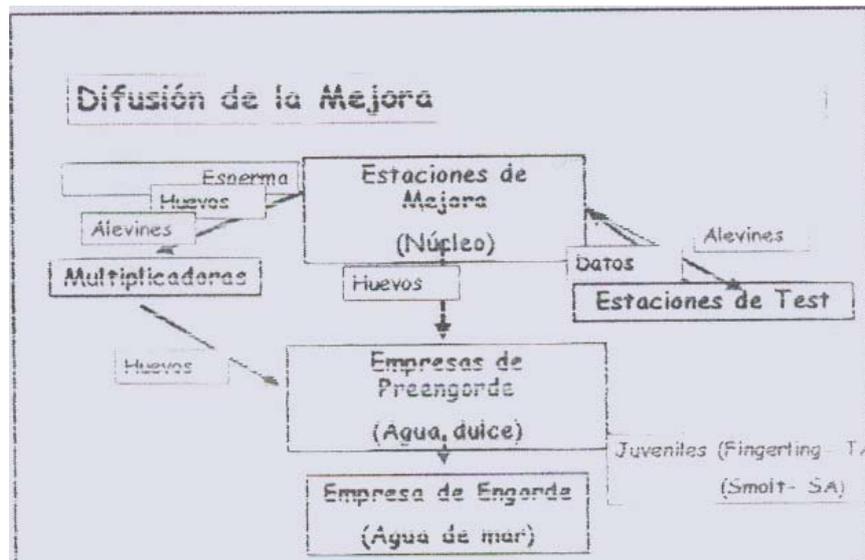
Básicamente existen 3 programas de mejora genética actualmente:

- El noruego: Los noruegos son los mayores productores de salmón del atlántico.
- El canadiense: los canadienses son los mayores productores de carpas.
- El filipino: son los mayores productores de tilapias.



El programa noruego se baso en tratamiento del salmón durante las etapas juveniles en tanques de agua dulce y posterior pase a tanques de agua salada para que se hagan adultos, tal y como se muestra en el siguiente diagrama.

Grafica de la difusión de los peces mejorados genéticamente:



En las estaciones de mejora se fecundan los huevos y en ocasiones también se crían a los alevines durante sus primeras etapas, luego los huevos y los alevines pueden pasarlos a empresas de pre-engorde en agua dulce que se ocupan del cultivo del pez hasta sus estadios juveniles, tras lo cual lo pasan a empresas de pre-engorde en agua salada en las que el pez alcanzara su talla comercial.

SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN:

Existen diversos sistemas de identificación de peces: microchip, resina fluorescente...

El microchip sólo resultan útiles en peces de cierto tamaño, porque si lo pones a un pez muy pequeño, cuando crece, modifica la posición del microchip y cuesta mucho localizarlo.

El marcaje con resina fluorescente es por ahora el más útil, y se usa mucho en peces pequeños, además, es el más útil para identificar en tanques a los peces sólo con

mirarlos, tiene la ventaja de poder hacer doble marcaje, etc. Incluso, al mezclar varias familias en el mismo tanque, es sencillo identificarlos y separarlos.

ADAPTACIÓN DE LOS PECES:

Si creas peces que son genéticamente muy buenos, hemos de asegurarnos y garantizar que serán igual de buenos en cualquier otro ambiente en el que vayan a estar los peces. Hay que intentar que el ambiente influya lo menos posible en el fenotipo de esos animales.

Parámetros que se miden:

Cantidad y distribución de la grasa
Porcentaje y longitud de peces maduros
Coloración de la carne (en salmones es muy importante)

En los salmones es importante la coloración porque la gente cuando va a comprarlos al mercado se fija en la carne, y considera si es mejor o peor según la coloración, porque no tienen datos a simple vista de su calidad real: proteínica, grasa, etc.

En Noruega, el 70% de los peces es genéticamente mejorado, en Canadá, el 80%.

En Chile existe una gran competencia con Noruega en la producción de salmones. Tienen un clima más estable, lo que les permite acortar el ciclo de producción. Aunque empezaron años más tarde que Noruega en la mejora genética, ya llevan 3 generaciones de ventaja, y aumenta un 14% cada año, de forma que pueden sacar el producto a la venta casi un año antes que Noruega.

Índice del Porcentaje de mejora del salmón en Canadá (a los 18 meses), peso de mercado.

Las estaciones de mejora transfieren datos a las estaciones de test, y éstas envían alevines a las de mejora. Se estudian los datos y se calcula su índice de mercado.

I_{mercado} : Cuán genéticamente es mejor para mejorar la línea si lo dejas como reproductor.

L_g : Longitud larva

L_F : Longitud familia

$Smolt_F$:

CO_F :

$$I_{\text{mercado}} = 1,0L_g - L_F + 0,03\% Smolt_F + 0,74L_g - CO_F$$

CRUCES DE MEJORA:

Cruzamientos interespecíficos:

Esta mejora se basa en el cruzamiento de especies que están bastante alejadas filogenéticamente y que incluso tienen un número diferente de cromosomas.

Este tipo de mejora genética no se realiza en salmónidos ni en peces gato, ya que en ellos provoca:

- Alta mortalidad de huevos y de alevines.
- Baja supervivencia de los peces al final de su desarrollo
- No se va a explotar la complementariedad.
- Presenta tasas de crecimiento intermedias a la de los parentales
- Las crías van a tener un aspecto diferente al de los padres

Este método de mejora genética se ha usado en las tilapias: se cruza *M. oreochromis aureus* con *H. oreochromis nilotica* (80%). En las tilapias crecen más rápido los machos, porque la energía que adquieren en la dieta la usan para crecer y no para madurar, por lo que se practica la reversión sexual que se hace con 17-metil testosterona. En las tilapias los machos van a ser XX (*aureus* → macho XX) y hay que cruzarlos con especies específicas de hembras, obteniendo la mayoría de las crías machos. Las poblaciones de macho que se utilizan para consumo en España esta prohibidas porque se utilizan hormonas para su mejora.

Este método también se aplica en los esturiones: se cruza *M. acipenses ruthenus* con *H. huso huso*. Esto se explota principalmente en Rusia y las crías obtenidas por este cruzamiento crecen bien en todo tipo de circunstancias.

Cruzamiento intraespecífico:

Esta mejora se realiza sobre todo con carpas en Hungría y en Rusia y consiste en el cruce de estirpes de carpas.

En Hungría se usa la especie 215 de carpas y se cruzan machos número 22 con hembras numero 15 en Rusia se cruzan la especie Ucraniana Ropsha con la Angelinka; del cruce que hacen los rusos, han conseguido aumentar la supervivencia de las carpas frente a hidropesía.

El problema de las carpas es la adaptabilidad a la que han sido sometidos, dependiendo de en donde haya sido criada la carpa, está acostumbrada a una densidad, alimento, etc... que es diferente de otra carpa criada en otro lugar.

Los híbridos por norma general siempre van a ser mejores que los padres.

Transgénesis:

Se basa en la aplicación de la biotecnología y consiste en la replicación de genes mediante el uso de plásmidos y de bacterias donde el plásmido usara su maquinaria sintética para replicarse a sí mismo y al gen que previamente le ha añadido el hombre. Esta es una técnica muy usada en salmones del atlántico y del pacífico.

A los salmones se les inyecta el gen promotor del anticongelante y el gen promotor del crecimiento, los peces así tratados (transgénicos) alcanzan un peso de 3 Kg en 17 meses mientras que los no tratados no llegan al medio kilo de peso en el mismo periodo de tiempo.

Grupos económicos:

Las mejoras genéticas en peces del mediterráneo casi no existen. Las empresas no hacen control de cruces de especies mejoradas.

Se deben realizar controles de los reproductores y una relación de los niveles de consanguinidad; de esto se encarga el GIA (grupo de investigación de acuicultura) que basa su investigación en 4 puntos básicos:

- Control de la genealogía industrial (microsatélites).
- Valoración de la descendencia.
- Determinación de parámetros genéticos.
- Evaluación de los reproductores.

Tema 9.- Calidad de las producciones. Factores que influyen en la calidad. Manejo alrededor del sacrificio. Instalaciones para sacrificio y empaquetado.

Cuando el pescado llega al mercado, el consumidor supone que la calidad del mismo ya está cubierta, puesto que si esto no fuera así, no habría llegado al mercado.

La calidad puede marcarse según distintos parámetros; imagen, bienestar, el caché de la empresa, cómo ha sido criado, tipo de sacrificio, etc.

Existen productos que han sido elaborados siguiendo normas para mejorar el bienestar animal. De esta forma, en este punto tendrá mayor calidad, y su precio será más alto.

También existe “calidad cultural”, establecida por los hábitos religiosos, nutricional, culturales, tradicionales, etc. Así que algunos productos serán más caros dependiendo si están destinados a cubrir dicha “calidad” o no.

Existe otro tipo de calidad, que puede ser difícil de definir a veces, es la calidad nutritiva, que diferencia al pescado de otros productos, porque ayuda al organismo (previene infartos y enfermedades del sistema cardiovascular, regula el colesterol...)

Sin embargo, éstas características no las tenemos en cuenta cuando vamos a comprar.

Las características que sí tenemos en cuenta a la hora de ir a comprar:

- **Frescura:** Es la principal característica para elegir entre un producto y otro. Los productores lo han de tener en cuenta, ya que es lo que más importa a los consumidores.

Existen aspectos como los cambios en la composición de la dieta y la presencia de deformes que incluyen los gustos del consumidor, lo que hará variar la compra.

- **La composición de la dieta:** Los piensos tienen un porcentaje alto de proteínas y lípidos, que mayoritariamente vienen a partir de harina de pescado, un compuesto que está muy sujeto a las fluctuaciones y disposición del mercado, además de ser muy caro. Alrededor del 30% de todo el pescado que se pesca se destina a elaboración de aceites y harinas de pescado, suelen ser peces de escaso valor comercial.

Se pretende sustituir las proteínas y lípidos de origen animal por otros de origen vegetal, más accesibles. Aunque siempre nos veremos limitados por las propias características del pez, que para mantener su composición, necesita ingerir un elevado porcentaje de aceites de pescado.

Así que, como el sabor está en los lípidos, si cambiamos los lípidos del pez a través de la dieta, estaremos cambiando el sabor del pez. Por lo tanto, tenemos que tener cuidado con lo que hacemos.

Se está pensando en engordar los peces con piensos modificados (vegetales) y sólo en un período previo a la venta, alimentarlos con dietas ricas en proteínas y lípidos de pescado, para que vaya al mercado, esté en el perfil típico de la especie en parámetros como sabor, textura, etc.

“El olor del pescado es debido a la gran cantidad de productos nitrogenados que posee”

Así, que el olor es un medidor de calidad. Los peces prácticamente no usan los hidratos de carbono y tras la muerte, éstos quedan como residuos que aceleran la descomposición y causan mal olor.

En los países del sur de Europa, es costumbre consumir el pescado entero y fresco. Sin embargo, en otros países del norte de Europa lo más común es consumir el filete del pescado.

Así que según el país que sea, sus medidores de calidad serán diferentes. Abajo, una tabla con los medidores de calidad para los países del sur de Europa. Hay que tener en cuenta que los puntos que figuran son de demérito, y el pescado será de mayor frescura y calidad cuantos menos puntos tenga (son como puntos de falta o penalización).

En cuanto al sacrificio de los peces (a fin de cuentas, estamos en explotaciones ganaderas de peces) deben ser aturdidos previamente antes de sacrificarlos. Esto no se hace, porque es difícil y no resulta rentable en la mayoría de las especies y a fin de cuentas, la pesca “de ganadería” se considera dentro de la pesca “salvaje”.

Indice de frescura

| PARAMETROS | | ATRIBUTOS | puntos |
|---------------------------------|-------------------|----------------------------------|--------|
| Apariencia | Piel | Muy Brillante | 0 |
| | | Brillante | 1 |
| | | Apagada | 2 |
| | Mucosidad cutánea | Clara-transparente | 0 |
| | | Ligeramente turbia | 1 |
| Carne | Elasticidad | Elastica | 0 |
| | | Marcada tras presión | 1 |
| Olor | | Fresco | 0 |
| | | Neutro | 1 |
| | | A pescado | 2 |
| | | Pasado/Agrio | 3 |
| Ojo | Córnea | Clara-translúcida | 0 |
| | | Ligeramente opaca | 1 |
| | | Opaca / Con sangre | 2 |
| | Forma | Convexo | 0 |
| | | Plano | 1 |
| | | Cóncavo | 2 |
| Bronquias | Color | Brillante / Rojo oscuro | 0 |
| | | Rojo parduzco | 1 |
| | Olor | Fresco | 0 |
| | | Neutro | 1 |
| | A pescado | 2 | |
| | Pasado/Agrio | 3 | |
| Indice de calidad (0-15 puntos) | | Suma total de puntos de demérito | |

Reglamento del Consejo 2406/96
↓
QIM (Quality Index Method) aplicable a la dorada de acuicultura

En el reglamento de calidad se valora además otras características como son el frío, el tiempo, etc.

Existen anestésicos naturales que no dejan residuos, creadas a partir de una especia; el clavo. Pero hay sectores de consumo que los rechazarían al saber que el pez ha sido sometido a anestésicos.

Se espera que el reglamento cambie, y que se creen índices de calidad específicos para cada especie.

Hay que ajustar la calidad del pez según los atributos que tiene cada especie (no es lo mismo el tono muscular de una vieja que el de un mero de 20 kilos)

Con respecto a la frescura, el mercado canario compite en desventaja en la península, porque llega tres días más tarde que el pescado de allá al mercado madrileño. Esto le ocasiona más puntos de demérito, y que la gente pague menos por el pescado.

Deformidades:

La presencia de peces deformes influencia la calidad del lote. Normalmente nunca aparecen en los peces de pesca, porque la selección natural los elimina pronto, pero en una explotación donde nosotros los alimentamos todos los días y con comida suficiente, logran sobrevivir hasta edad adulta.

En algunos lotes pueden llegar al 10 o 15% de deformes. Como no se pueden comercializar se intentan eliminar pronto.

Las deformidades aparecen en la etapa larvaria. Como sólo se les alimenta con crotíferos y artemias (cuando en la naturaleza su dieta es enormemente más variada) esta dieta causa deficiencias nutricionales, (desequilibrio en vitaminas y minerales) que se reflejan en deformidades, principalmente óseas. Aunque también existe algo de incidencia familiar, un componente genético.

Se están llevando a cabo estudios genéticos, a ver cómo podrían heredarse, pero es complicado, y no siempre está en la mano del productor el llevar a cabo dichos estudios.

Es complicado porque hay que llevar a adultos a individuos deformes, y no siempre consiguen sobrevivir, además debemos conseguir que sean fértiles, y no siempre lo son.

Es un gasto económico enorme para la explotación, porque son peces a los que se tiene que alimentar y sin embargo no van a comercializarse.