

# Biología y gestión pesquera

*para no científicos*



# Nociones sobre biología y gestión pesquera para no científicos

José Juan Castro Hernández, David Jiménez-Alvarado, Tomás Bañeras Bosch, Julián Cabana Gandiaga, Ana Espino Ruano, Airam Guerra Marrero, Raibel Núñez González y Lorena Couce Montero.

Instituto Universitario Ecoaqua,  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Septiembre de 2025.

Depósito legal: GC 403-2025

Las opiniones y nociones que se exponen en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no tienen por qué coincidir, total o parcialmente, con la opinión que sobre estas materias puedan tener las instituciones que financian el desarrollo del Proyecto Amplía.

**Biología y gestión  
pesquera**  
*para no científicos*

---



# Introducción

Las **Islas Canarias** constituyen uno de los territorios nacionales con mayor superficie marina protegida. Sin embargo, esa protección no parece tener un claro reflejo en el estado de los ecosistemas y especies. Una de las actividades que más perturbación genera sobre estos ecosistemas marinos es la pesca, aunque no es la única. Esto ha derivado en que la mayoría de las especies objetivo se encuentran sobreexplotadas o en sus máximos de explotación. Por ello, el entender como actúa la pesca sobre las especies y los hábitats es importante para poder establecer medidas que amortigüen sus efectos, así como políticas holísticas de gestión, fundamentadas en datos científicos, que valoren la pesca y sus consecuencias en sus dimensiones biológicas, sociales y económicas. El objetivo de este manual es servir de introducción al mundo de la evaluación de stocks y ayudar en la gestión de pesquerías.

El **proyecto Amplía**, subvencionado en el contexto de las actuaciones en **Reservas de la Biosfera** en el marco del “**Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia – Financiado por la Unión Europea – Next Generation**

**EU”**, pretende realizar una detallada revisión y actualización de la información biológica, ecológica, socio-económica y pesquera disponible. El **objetivo** final del proyecto es proponer estrategias de gestión a corto, medio y largo plazo, en un contexto de cambio climático, que permitan alcanzar una cogestión participativa de los ecosistemas y recursos marinos bajo el paraguas de las **Reservas de la Biosfera de Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote**.

La fecha oficial de inicio del proyecto se fijó el 1 de noviembre de 2023, tras recibir la comunicación de su aprobación definitiva en la Orden del Consejero de Transición Ecológica y Energía del Gobierno de Canarias de 30 de octubre de 2023.





# Índice

|   |    |
|---|----|
| Términos y definiciones.....                              | 7  |
| Notas sobre los peces y otros organismos marinos.....     | 9  |
| El crecimiento.....                                       | 12 |
| La reproducción.....                                      | 14 |
| La mortalidad.....  | 18 |
| El comportamiento.....                                    | 19 |
| El ambiente.....  | 23 |
| La pesca.....   | 25 |
| Pesca industrial, pesca artesanal y pesca recreativa..... | 28 |
| Sistemas de pesca.....                                    | 31 |
| La selectividad de las artes.....                         | 39 |
| El esfuerzo pesquero.....                                 | 40 |
| Captura por Unidad de Esfuerzo.....                       | 41 |
| Los modelos de evaluación de poblaciones.....             | 42 |
| Los modelos de pesquerías pobres en datos.....            | 49 |
| Las redes tróficas.....                                   | 51 |
| Modelos de evaluación de ecosistemas.....                 | 53 |
| Economía Pesquera.....                                    | 54 |
| La sobrepesca y el cambio climático.....                  | 57 |
| Ordenación y gestión pesquera.....                        | 58 |
| Gestión pesquera y sociología.....                        | 60 |
| Gobernanza y cogobernanza.....                            | 61 |
| Áreas marinas protegidas.....                             | 63 |
| Bibliografía.....   | 65 |

# Términos y definiciones

**Aparejo:** todo sistema de pesca que para capturar a los peces requiere del uso de anzuelos.

**Arte:** todo sistema de pesca construido con redes y cuyo objetivo es capturar o retener a los peces enmallándolos o embolsándolos.

**Bentónico:** dicese de los organismos que habitan sobre el fondo marino.

**Bioeconómico (modelo):** es una formulación matemática que integra aspectos biológicos y económicos para evaluar y gestionar sistemas productivos, especialmente en el ámbito de los recursos naturales y la sostenibilidad.

**Biomasa:** cantidad total, en peso, de los seres que viven en un lugar determinado; se expresa en kg/m<sup>2</sup> o Kg/m<sup>3</sup>.

**Cohorte:** grupo de peces del mismo stock que nacen en el mismo año, también conocida como clase anual o generación.

**Demersal:** dicese de los organismos que habitan en la masa de agua próxima al fondo y que, por tanto, realizan movimientos entre el fondo y la columna de agua unas decenas de metros sobre el fondo.

**Ecosistema:** es un sistema natural donde interactúan los seres vivos entre sí y con su entorno físico, incluyendo factores como el suelo, el agua y el clima.

**Ecosonda:** es un aparato que emite ondas acústicas, mayoritariamente en el rango de los ultrasonidos, que se emplea para cartografiar el fondo marino y para la detección de peces. El tiempo que tarda el sonido en reflejarse del fondo marino y retornar al receptor se utiliza para calcular la profundidad a la que se encuentra el objeto.

**Eurifagia:** es la capacidad de un organismo para alimentarse de una amplia variedad de tipos de presas.

**Elasmobranquios:** grupo de peces con esqueleto cartilaginoso que agrupa a los tiburones, rayas y quimeras.

**Estatolito:** son estructuras calcáreas presentes en estatocistos (órganos del equilibrio) de los cefalópodos y que les permiten percibir la gravedad.

**Freza (desove):** proceso mediante el cual los peces u otros animales acuáticos (como moluscos o crustáceos) liberan sus gametos (óvulos y espermatozoides) al medio acuático para que se produzca la fecundación y, posteriormente, el desarrollo de nuevas crías.

**Hábitat:** es el lugar donde un organismo, especie o comunidad animal o vegetal encuentra las condiciones adecuadas para vivir, reproducirse y desarrollarse.

**Mesopelágicos (organismos):** dicese de la fauna que habita en la región del océano, también conocida como la zona crepuscular, que se encuentra entre los 200 y 1000 metros de profundidad.

**Modelo:** ecuación o conjunto de ecuaciones matemáticas que relacionan diferentes variables.

**Nerítico:** organismo que habita en el área marina ubicada sobre la plataforma continental, entre los 0 y 200 m de profundidad.

**Oceánico:** organismo que habita en el área marina no ligada a la plataforma continental, desde la superficie hasta todo el rango de profundidad.

**Otolito:** estructura de carbonato cálcico que forma parte del oído interno de los peces y que crece generando un patrón regular de anillos concéntricos similar al que se observa en el tronco de los árboles.

**Pelágico:** dicese de los organismos que habitan en la columna de agua no relacionada con el fondo o alejada de este.

**Poiquilolotérmico:** dicese de los animales cuya temperatura corporal depende de la temperatura ambiental, como los peces, los anfibios y los reptiles.

**Pseudo-cohorte:** es el reflejo del conjunto de clases de edad de una especie en un año dado, asumiendo que el reclutamiento ha sido constante en el tiempo. En esta situación de equilibrio, el número de individuos que componen una pseudo-cohorte es igual a los de cada cohorte.

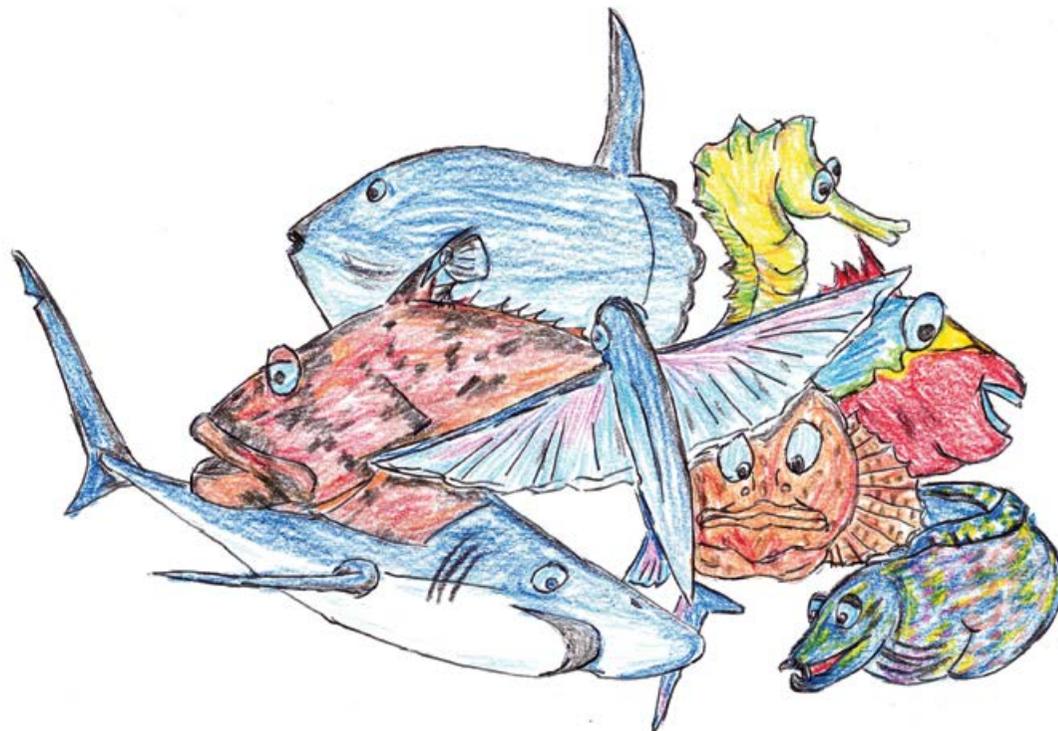
**Reclutamiento:** proceso anual por el cual los juveniles de las diferentes especies se incorporan a la población de adultos. Se distingue entre reclutamiento al área, cuando los juveniles llegan al área de los adultos, pero aún son muy pequeños como para ser retenidos por los artes de pesca, y reclutamiento al arte cuando ya alcanzan una talla que permite que el arte los capture al interactuar con ellos.

**Sobrepesca:** es la extracción de peces y mariscos de los océanos a un ritmo más rápido de lo que pueden reproducirse, lo que pone en peligro la salud de los ecosistemas marinos y la seguridad alimentaria.

**Stock frezante o desovante:** parte de la población que se reproduce cada año.

# Notas sobre los peces y otros organismos marinos

- Existen 33.249 especies de peces óseos, el 60% de todos los vertebrados (a este número hay que añadir 1125 especies de elasmobranquios).
- Surgen hace 530 millones de años, en el Cámbrico, mucho antes de que hubiese árboles sobre la Tierra (380 millones de años).
- Presentan un sistema sensorial muy complejo y desarrollado, con más sentidos que los vertebrados terrestres. Tienen una excelente visión, sobre todo en los sistemas con escasez de luz, y pueden ver más colores que cualquier otro organismo. La línea lateral está asociada a la audición y es capaz de detectar el sonido que produce el agua cuando se mueve. Algunos peces, como los arenques, detectan frecuencias tan altas como las que perciben los cetáceos. Algunas especies pueden producir electricidad, como las anguilas, algunas rayas y peces elefante, que además de utilizarla para aturdir a sus presas, les permite crear un mapa mental de su entorno, y moverse en aguas turbias, gracias a las variaciones en la conductividad de la electricidad por parte de los diferentes objetos. Los tiburones y rayas son además capaces de detectar corrientes eléctricas muy débiles, como la que produce el latido del corazón.



- El número de peces que matamos (pescamos) cada año se estima ronda entre 1,1 y 2,2 billones (Mood y Brooke, 2024). Con una talla media de 15 cm, en fila india, sería más que la distancia que hay entre la Tierra y el Sol en un viaje de ida y vuelta (300 millones de Km), y aún sobrarían unos miles de kilómetros más.

## Los moluscos y crustáceos

- Se calcula que pueden existir cerca de 100.000 especies vivientes de moluscos, cuya historia se remonta desde el Cámbrico Inferior hasta la actualidad. Están presentes en una amplia variedad de hábitats, tanto acuáticos como terrestres.
- La reproducción de los moluscos es exclusivamente sexual, con especies con sexos separados (dioicas), como en los mejillones, o hermafroditas como en el caso de la mayoría de los gasterópodos (lapas y caracoles) con capacidad de autofecundación o sin ella. La fertilización puede ser externa o interna, pero con fre-

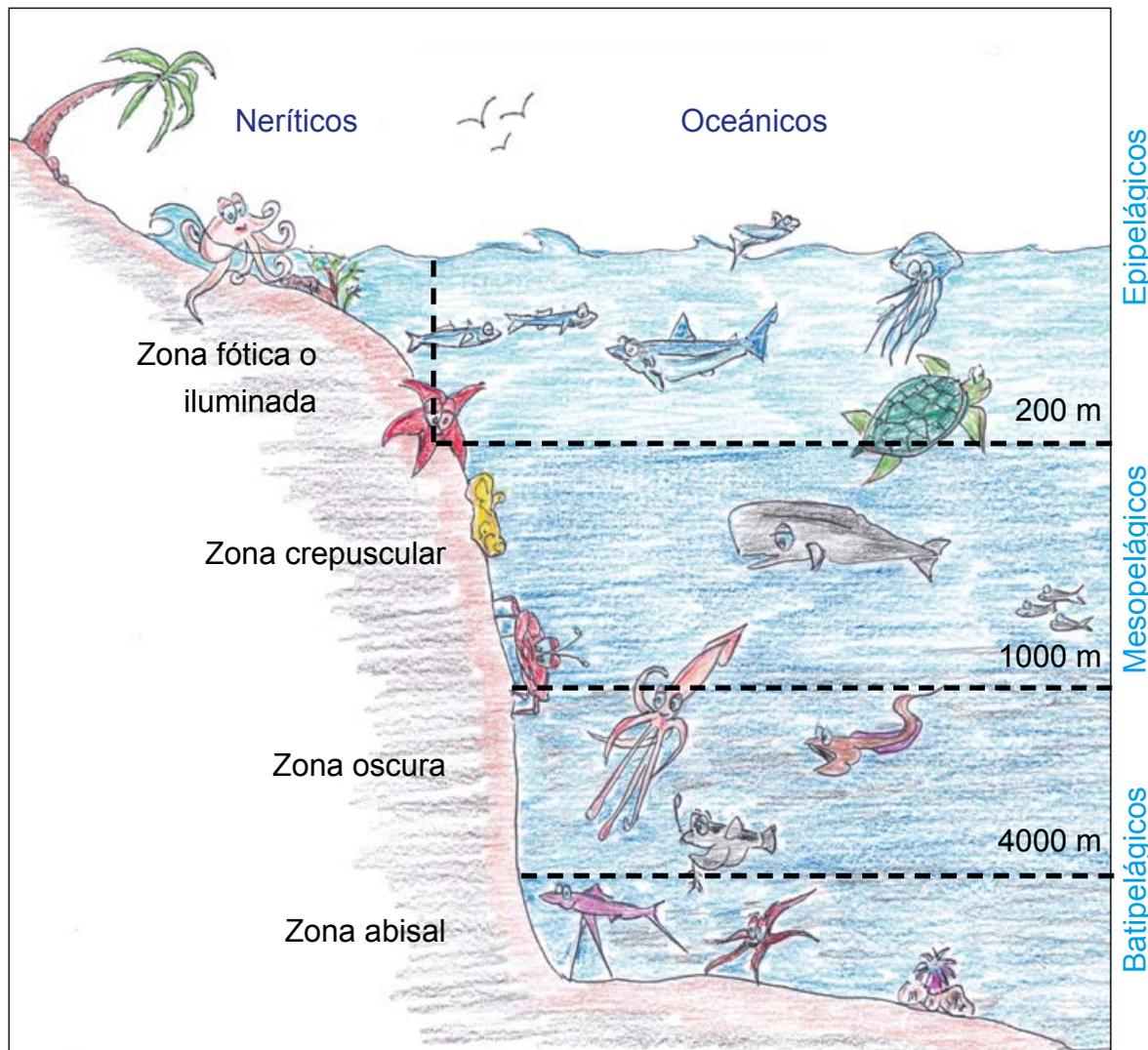
cuencia mediante espermátóforos (sacos llenos de espermatozoides), como ocurre en los cefalópodos.

- Los cefalópodos (pulpos, calamares y sepias) tienen un cuerpo musculoso y flexible, que a los pulpos les permite esconderse en espacios 10 veces más pequeños que su cuerpo. Oyen bajas frecuencias, como los cetáceos, que les permite localizar a sus depredadores más allá de su campo visual. Poseen células pigmentarias (cromatóforos) que se expanden o condensan a voluntad por contracciones musculares, de manera que pueden cambiar de color rápidamente para mimetizarse o comunicarse entre ellos. La esperanza de vida varía según la especie y en el caso de los pulpos oscila entre unos meses y poco más de 1 año.

- Se conocen 38.000 especies de crustáceos marinos, dulceacuícolas y terrestres. Su cuerpo presenta un caparazón (exoesqueleto) que necesitan mudar periódicamente para poder crecer. Con ayuda de sus apéndices detectan variaciones de las corrientes de agua y los sonidos. Los camarones pueden vivir menos de un año, mientras que las langostas y algunos cangrejos de aguas frías y profundas pueden vivir varias décadas.



## Distribución vertical de las especies (zonas)



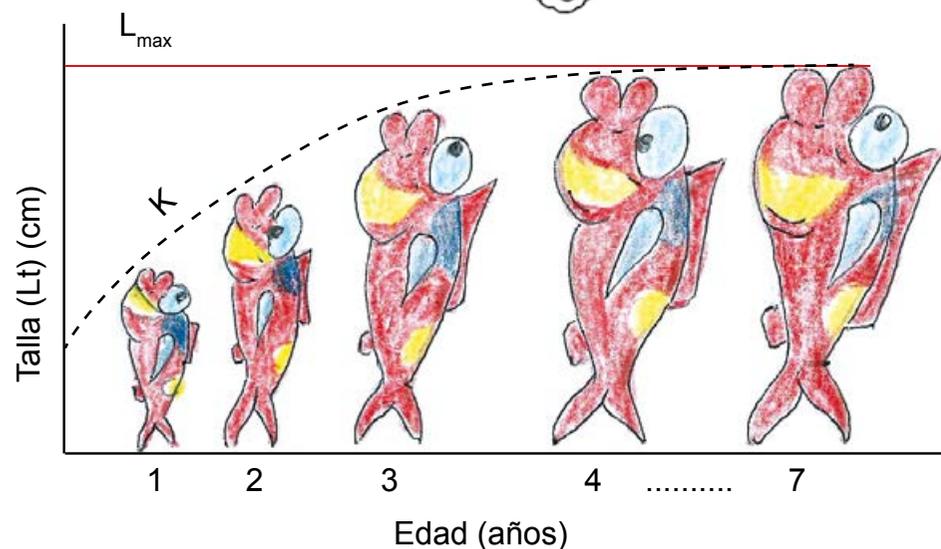
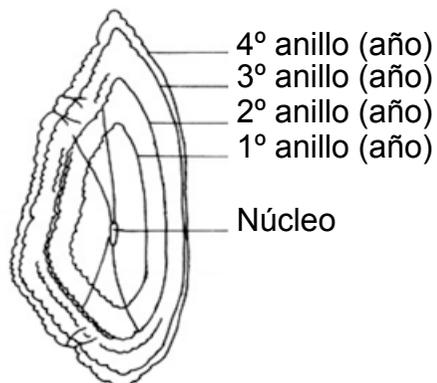
La zona epipelágica tiene una profundidad de hasta 200 metros bajo la superficie. En ella existen organismos vegetales microscópicos llamados fitoplancton gracias a que penetra la suficiente luz para realizar la fotosíntesis. También viven atunes, delfines, tiburones, ballenas, medusas y tortugas marinas.

La zona crepuscular o mesopelágica es la capa que se encuentra entre los 200 y los 1000 metros de profundidad. Su principal característica es que no llega la suficiente luz como para que se pueda realizar la fotosíntesis por lo que no hay algas.

Por debajo de los 1000 m se extienden las zonas batipelágicas, abisal y hadal, donde la presión hidrostática es muy elevada, las temperaturas son bajas y la oscuridad completa, a excepción de la producida por los organismos bioluminiscentes.

# El crecimiento

Bandas de crecimiento anual en un otolito de merluza *Merluccius merluccius hubbsi* (modificado de Leta y Keim, 1982, FAO).



$$L(t) = L_{max} (1 - e^{-k(t - t_0)})$$

Ecuación de von Bertalanffy:  $L(t)$  talla a la edad  $t$ ;  $L_{max}$ , es la talla máxima que alcanza la especie;  $k$  es "parámetro de curvatura" o tasa de crecimiento y tiene unidades de frecuencia (1/tiempo);  $t_0$  es el parámetro de condición inicial y no tiene un significado biológico.

El crecimiento es un parámetro muy importante en el estudio de las poblaciones de peces, puesto que nos muestra como estos aumentan en talla, o en peso, con la edad. El crecimiento está afectado por muchos factores que van desde la genética y el alimento disponible a la temperatura del agua en la que viven, pero también está condicionado por la presión pesquera y la selección que esta hace sobre ciertas tallas.

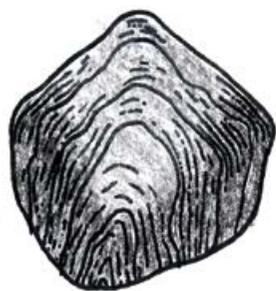
A diferencia de lo que ocurre con los animales terrestre, los peces crecen a lo largo de toda su vida por el menor impacto que tiene la gravedad sobre sus estructuras esqueléticas. No obstante, los peces crecen más rápidamente durante sus primeros años de vida y una vez que alcanzan la madurez sexual el ritmo se ralentiza, ya que dedican una parte importante de sus energías a la reproducción. Al final de su vida, el crecimiento es tan lento que casi parece que no crecen.

Existen diversos modelos matemáticos para describir el crecimiento en los peces y otros organismos marinos. Pero, en general, el crecimiento se representa gráficamente por una curva de tipo logística, como la que se muestra a la izquierda, descrita por la ecuación de von Bertalanffy que permite calcular la talla ( $L$ ) que tendría el pez a una edad determinada ( $t$ ) y la talla máxima o asintótica ( $L_{max}$ ) que alcanzaría al final de su vida.

## ¿Cómo se determina el crecimiento?

El crecimiento en los organismos marinos se determina a través de estructuras esqueléticas en las que queda, de alguna forma, registrado el paso del tiempo. Al igual que los anillos que se forman en los troncos de los árboles, el paso de las estaciones, con los cambios de temperatura y alimento disponible, se graba en las vertebras, escamas y otolitos (estructuras del oído interno) de los peces, o en los picos, sepiones (concha interna de las sepias) o estatolitos (estructuras del oído) de los cefalópodos, así como en marcas en las conchas de gasterópodos como almejas y ostras. En los crustáceos no es posible aplicar estas técnicas ya que estos mudan el exoesqueleto de manera frecuente a lo largo de su vida para crecer.

En aquellas especies donde no existe la posibilidad de estimar la edad a través de marcas en estructuras esqueléticas, se recurre al análisis de las frecuencias de talla a lo largo de varios años, con objeto de determinar el número de clases modales presentes y como estas evolucionan en el tiempo.

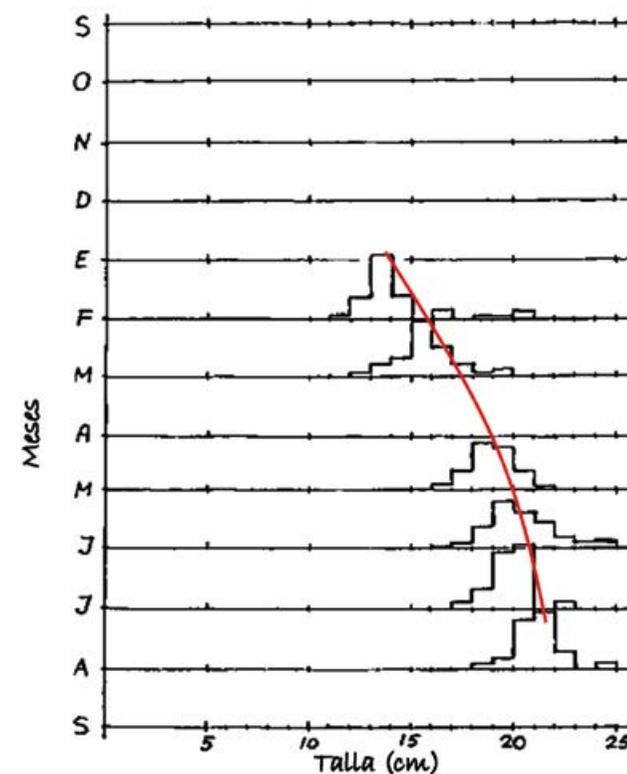


Escama de pez en la que se observan estrías que forman zonas oscuras correspondientes al invierno, y zonas claras más gruesas del verano.



Marcas de crecimiento diario en un pico de calamar (*Loligo* sp.).

Distribuciones de frecuencias de tallas mensuales de la caballa de la India (*Rastrelliger kanagurta*) (modificado de Sparre y Venema, 1997).



# La reproducción

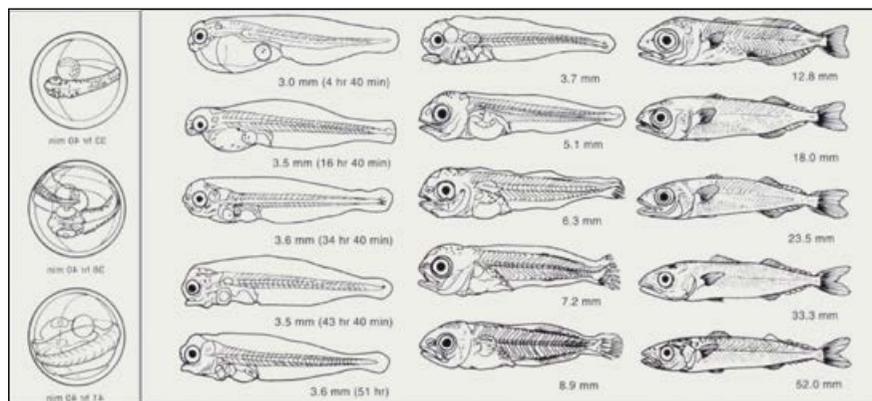
La reproducción permite la incorporación periódica de nuevos peces (juveniles) a la población de adultos, proceso que se conoce como reclutamiento. Su variabilidad es la causa de las mayores fluctuaciones que experimenta la biomasa de las poblaciones, debido a cambios en la tasa de supervivencia de larvas y juveniles en respuesta a los cambios de las condiciones ambientales (temperatura, alimento, predación, etc.). Normalmente, más del 99,9% de las larvas de peces mueren poco después de la eclosión.

No todos los individuos de una población se reproducen todos los años y tampoco ocurre siempre con la misma intensidad y en el mismo momento del año, ya que en esto último intervienen

factores ambientales y fisiológicos muy diversos como la temperatura, el fotoperiodo, la fase lunar o la acumulación de grasas en los individuos. Las especies tienen diferentes estrategias reproductivas y niveles de fecundidad muy variable entre ellas. La mayoría de las especies tienen puesta pelágica, de modo que los huevos se liberan en la columna de agua y son arrastrados por las corrientes, mientras que unas pocas ofrecen cierta protección a sus puestas. Sin embargo, esta gran diferencia en la fecundidad entre especies se compensa con la mortalidad a la que se ven sometidos unos y otros.

# El desarrollo larvario

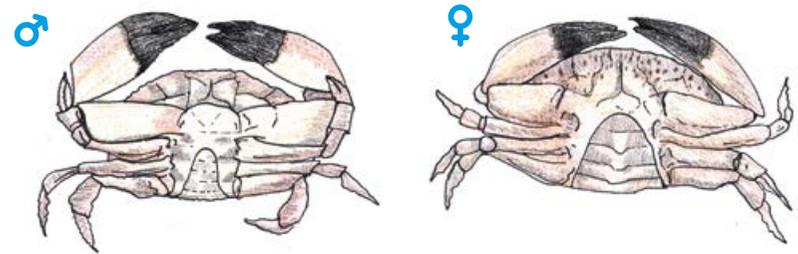
Tras la fecundación, la mayoría de los huevos y larvas derivan con las corrientes. Las larvas al eclosionar no se parecen a sus progenitores, por los que sufren un proceso de metamorfosis que puede pasar por múltiples fases.



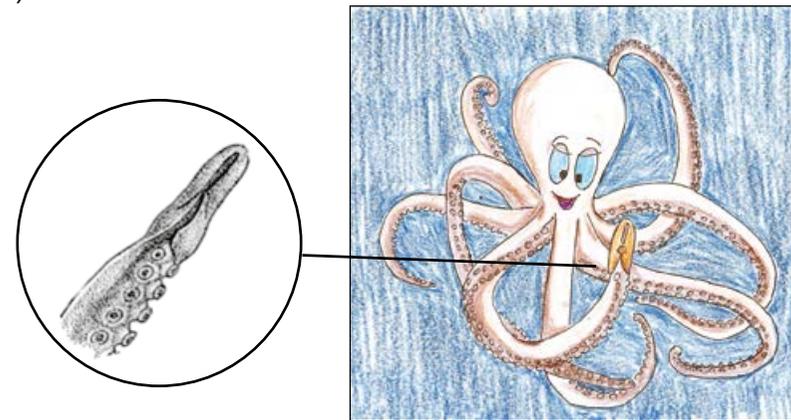
Fases del desarrollo de los huevos y larvas de la caballa del Pacífico (*Scomber japonicus*), hasta alcanzar la forma definitiva del adulto de la especie, a los 52 mm (extraído de Watanabe, 1970; Bull. Tokai Reg. Fish Res. Lab., 62 :1-283).

La gran mayoría de las especies de peces se reproducen por huevos (ovíparos) que son fecundados externamente. Es decir, expulsando huevos y el espermatozoides al exterior, y fecundándose en el agua. No obstante, algunas especies presentan fecundación interna, como es el caso de los elasmobranchios (tiburones y rayas) y algunos peces de agua dulce como los guppies, los cefalópodos y los crustáceos. Unas pocas especies son ovovivíparas o vivíparas (algunos tiburones), en las que el embrión se desarrolla dentro del útero de la hembra. En general, los peces son dioicos (con sexos separados) y sin dimorfismo sexual (los machos y las hembras son iguales externamente). Muchas especies pueden cambiar de sexo a voluntad, dependiendo de la concentración de machos y hembras en la población (ej.: pejeverdes, peces payaso, etc.). Otras son hermafroditas secuenciales, que cambian de sexo con el crecimiento (ej.: samas, sargos, etc.) y otras lo son simultáneas (ej.: meros, cabrillas y muchas especies de profundidad) actuando como macho o hembras dependiendo de las circunstancias. En el caso de la cabrilla (*Serranus cabrilla*) se ha conseguido la autofecundación en cautividad.

Cuando están maduros, los testículos de los machos son de color blanco marfil, mientras que en las hembras los dos ovarios son naranjas o rojos, muy vascularizados. La mayoría de las especies de peces son iteróparas, reproduciéndose varias veces a lo largo de sus vidas.



El sexo de los cangrejos se diferencia por la forma del abdomen (pleón), que en los machos es triangular y estrecho, mientras que en las hembras es redondeado y más amplio, para poder alojar la puesta (imagen: *Xantho poressa*, jaca o carnada de vieja).



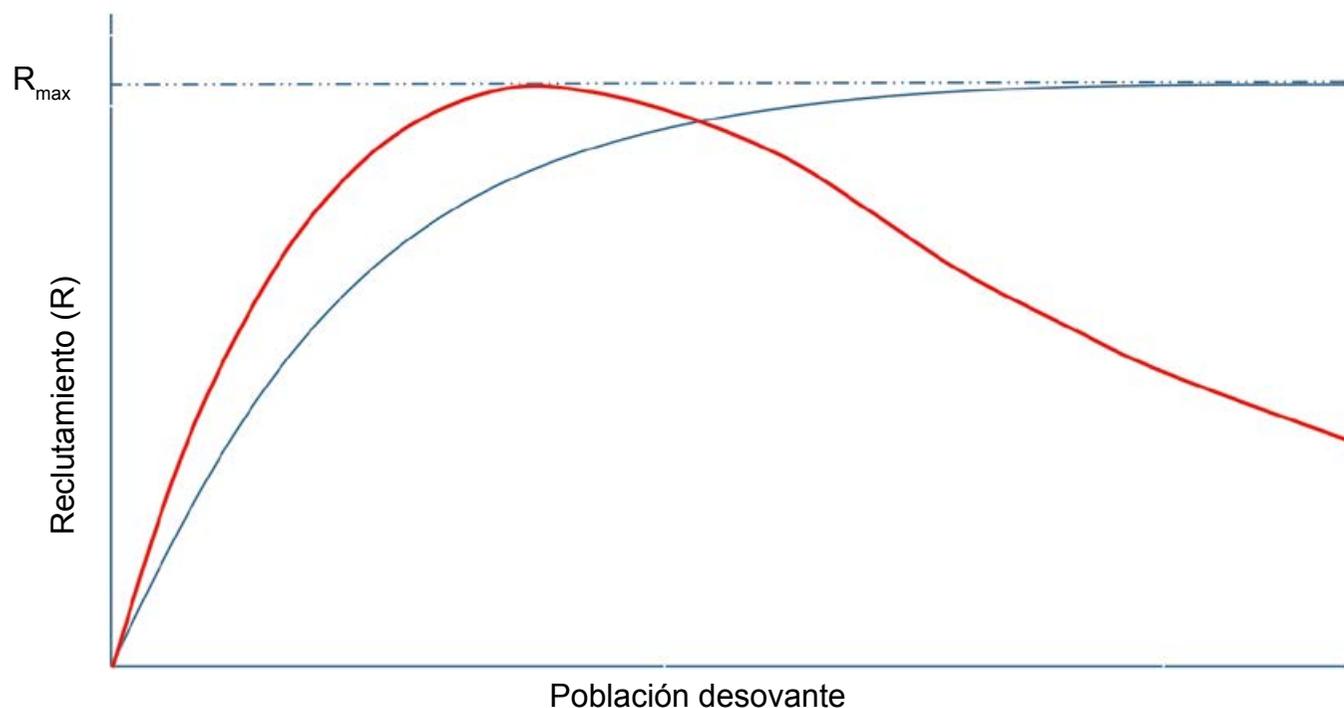
Los pulpos son semélparos, ya que se reproducen una vez en su vida, muriendo después. Los machos tienen un brazo modificado, llamado hectocótilo, sin ventosas en el extremo, que utilizan para colocar un paquete de espermatozoides dentro de la abertura del manto de la hembra.

# La fecundidad

La fecundidad es el número de huevos producidos por una hembra al año. En general, en cada periodo reproductor, las especies de vida corta y alta mortalidad larvaria tienen una mayor producción de huevos (de varios millones a cientos de miles), mientras que en las de mayor longevidad la producción de huevos es más reducida, pero estos son más grandes y sus larvas tienen una menor mortalidad. La relación entre el peso del organismo y la

fecundidad es casi lineal, de modo que, para una misma especie, los individuos más grandes producen más huevos (grandes reproductores).

La fecundidad depende de factores genéticos, pero puede variar por influencia de la temperatura, el alimento y los contaminantes, pero también por una sobrepesca selectiva.



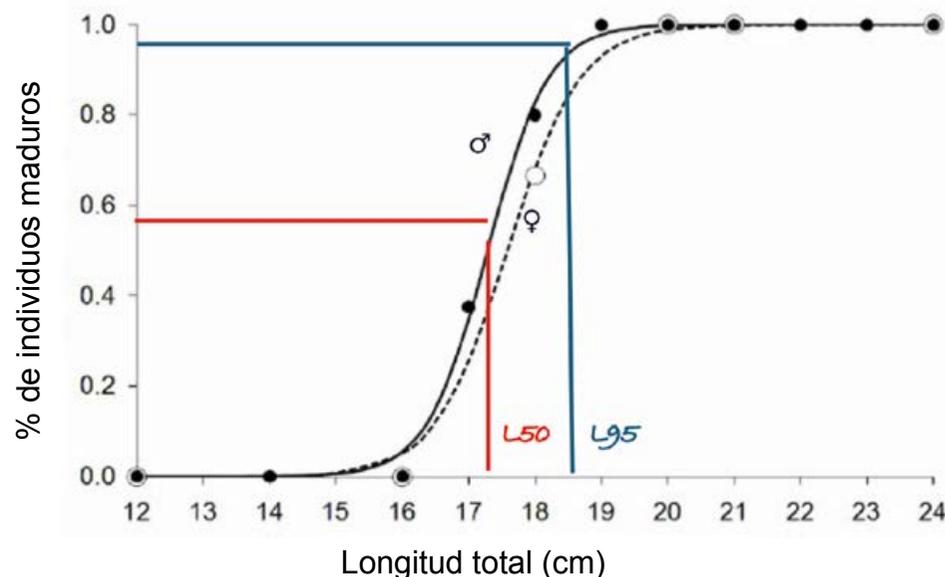
Relación entre el número de reproductores y el reclutamiento enunciadas por Ricker (1954, en rojo) y Beverton y Holt (1957 en azul), y que describen los mecanismos que regulan la mortalidad de huevos, larvas y juveniles a partir del tamaño de la población desovante y el consecuente reclutamiento ( $R_{max}$  = reclutamiento máximo).

## La talla de primera madurez

En muchas pesquerías se ha observado un decrecimiento de la talla media de los peces. Al igual que el resto de los organismos, los peces no maduran todos al mismo tiempo, sino que lo van haciendo dentro de un rango de tallas o edades que se corresponden con su transito de juveniles a adultos (su pubertad). Aquellos que alcanzan la madurez sexual antes, se reproducen más pronto y, por lo general, alcanzar una talla menor al final de sus vidas. Pero, los individuos que maduran a mayor edad alcanzan tallas mayores al final de su ciclo vital, convirtiéndose en lo que se conoce como grandes reproductores (ponen más huevo y más grandes, y sus larvas tienen una mayor tasa de supervivencia).

La talla mínima de captura se fija siguiendo el criterio de la L50. Es decir, solo garantiza que el 50% de los individuos, los que alcanzan la madurez sexual a tallas o edades temprana, se han podido reproducir al menos una vez. Pero, los individuos que maduran más tarde y que están llamados a ser grandes reproductores se pueden pescar cuando aún no han alcanzado la madurez sexual. Esta estrategia puede haber sido una de las razones por las que la mayoría de las especies de peces han mostrado una disminución en su talla media, al propiciar la desaparición de los individuos que portan los genes que permiten una maduración tardía (sobrepesca genética) y una mayor talla final. Este efecto

se podría reducir con la L95 o talla de madurez masiva (la longitud que garantiza que el 95% de los peces capturados se han reproducido al menos una vez en su vida).



Talla mínima biológica (L50) es aquella en la que al menos el 50% de los individuos son maduros y, por tanto, tienen la posibilidad de haberse reproducido, al menos, una vez. La talla de madurez masiva (L95) es aquella en la que al menos el 95% de los individuos ya se han reproducido una vez.

# La mortalidad

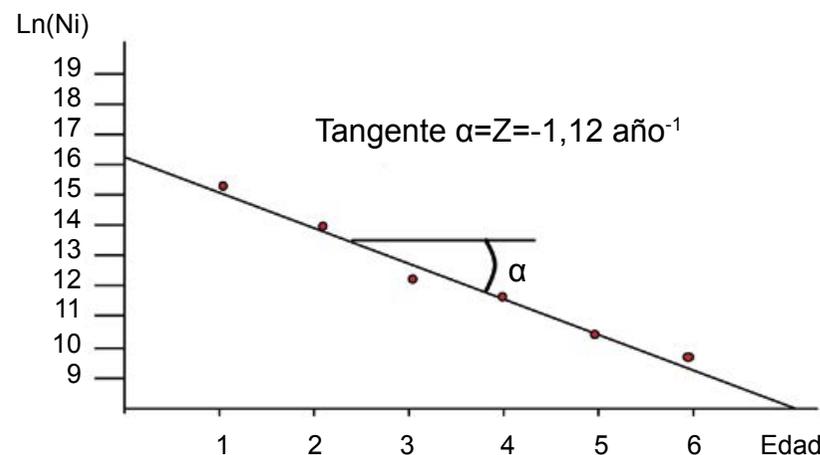
Existe un amplio rango de predadores de peces (ictiófagos), desde celentéreos hasta cetáceos. El riesgo de predación depende de la talla y disminuye con el crecimiento. El canibalismo es frecuente entre los peces, llegando en algunos casos a representar más del 30% de la mortalidad larvaria.

Las causas naturales que generan mortalidad en los peces son múltiples, siendo posiblemente la principal la predación, pero también enfermedades, parasitismo o simplemente por vejez, si olvidar eventos ambientales de origen natural (anoxias) o antrópicas no relacionadas con la pesca (ej. Contaminantes). La proporción de individuos que mueren por estas causas se conoce como Mortalidad Natural (M), para diferenciarla de la Mortalidad por Pesca (F). La suma de todas las causas posibles de mortalidad

| captura ( $N_i$ ) | $\ln(N_i)$ | $i$ |
|-------------------|------------|-----|
| 4.391.147         | 15,3       | 1   |
| 1.412.381         | 14,2       | 2   |
| 251.713           | 12,4       | 3   |
| 111.940           | 11,6       | 4   |
| 37.568            | 10,5       | 5   |
| 17.339            | 9,8        | 6   |

La mortalidad total se puede estimar a partir de las capturas por clase de edad ( $i$ ) para una especie en un año dado. Asimilamos la captura por clase de edad en número de individuos ( $N_i$ ) a la abundancia (a mas captura más abundancia), calculando su logaritmo neperiano ( $\ln(N_i)$ ).

se conoce como Mortalidad Total ( $Z$ ) ( $Z=M+F$ ) y se define como la fracción (en tanto por 1) de peces que han muerto al final del año, respecto a los que existían al principio del mismo (por eso se mide en unidad de tiempo, año<sup>-1</sup>). La ecuación que define el número de individuos que hay en cada momento ( $t$ ) en función de la tasa de mortalidad se conoce como Ecuación de Supervivencia ( $N_t=N_0e^{-(F+M)t}$ ), donde  $N_0$  es el número de individuos al principio de periodo y  $t$  el número de años transcurridos.



La pendiente de la recta de regresión es:  $b=-1,12$ , cuyo valor absoluto lo podemos asumir como la mortalidad total ( $Z=1,12$ ).

# El comportamiento

El comportamiento es el resultado del desarrollo evolutivo que han ido adquiriendo los animales como respuesta a los problemas que les plantea el ambiente. Desde el instante mismo en que nacen hasta su muerte, todo organismo experimenta cambios (cambios ontogenéticos). La coordinación de los movimientos se va haciendo cada vez más compleja con el crecimiento, dando lugar a nuevos patrones de conducta (velocidad de natación, estrategias de caza, migraciones, etc.). Simultáneamente, los sistemas internos que controlan la conducta se alteran (maduran) a medida que progresa el desarrollo. Ocurren periodos de cambios bruscos alternados con cambios más graduales, de modo que el repertorio final de comportamientos es un proceso de desarrollo, como una adaptación para aumentar las probabilidades de su-

pervivencia. Este proceso no ocurre de igual forma en todos los individuos, resultado de variaciones genéticas, de las condiciones ambientales que cada uno experimenta y de la propia experiencia.

La formación de bancos y cardúmenes es uno de los comportamientos más característicos de los peces y ocurre en más de 10 mil especies. Algunas nadan en cardúmenes toda su vida, mientras que otras sólo en determinados periodos. El arenque forma cardúmenes que van entre los 30 y los 2,2 millones de individuos, dependiendo de las zonas y estaciones del año

El comportamiento de formar bancos es una carrera por la supervivencia contra los predadores. Pero, también, es una forma de ahorrar energía al nadar. Se ha demostrado que en aguas turbulentas los peces en un cardumen consumen un 79% menos de energía.

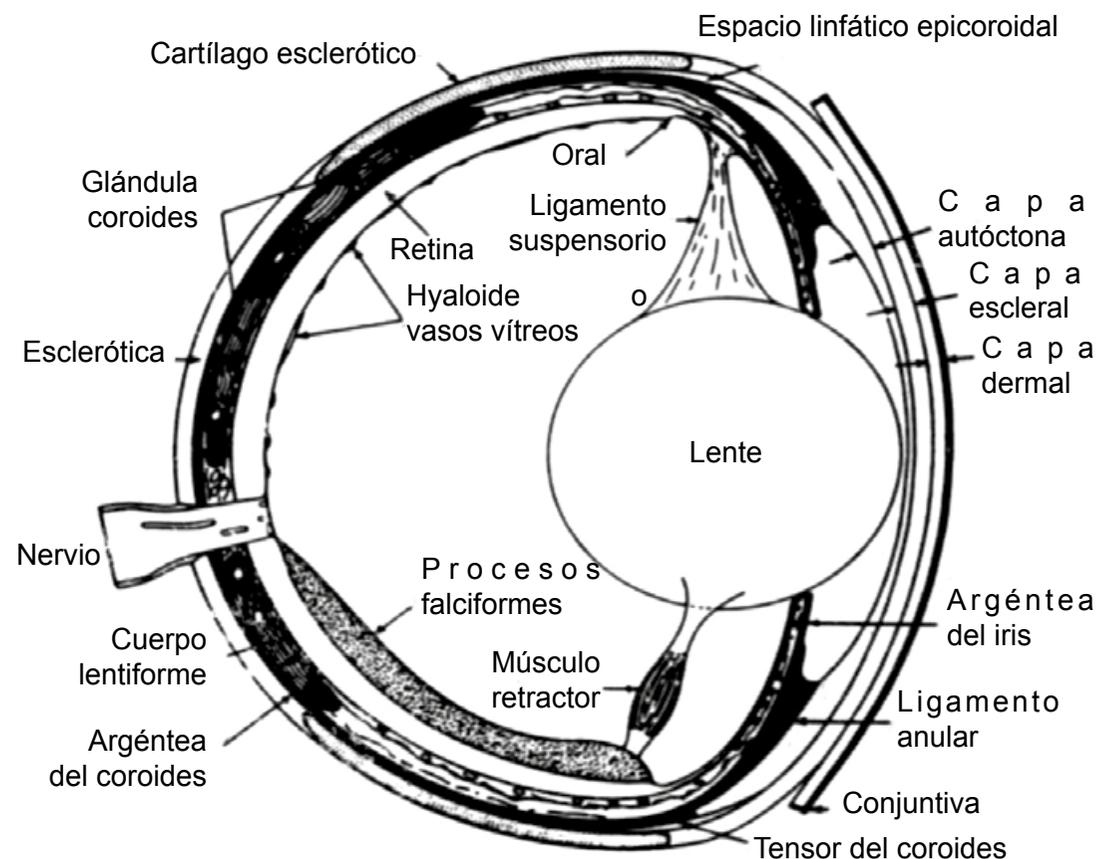


## El comportamiento (distribución del tiempo)

El ciclo diario del sol impone cambios bruscos en el comportamiento y actividad de los peces. Entre el 50 y 70 % de las especies de peces de latitudes tropicales y templadas muestran actividad diurna, mientras que entre el 20 y 40 % son nocturnas. Solo el 10% restantes son de hábitos crepusculares, alimentándose al amanecer o al anochecer.

Muchas de las especies se alimentan de día y buscan refugio después de la puesta del sol, pero este ritmo normal puede ser alterado durante el periodo reproductivo. Algunas especies diurnas frezan de noche.

Los ojos de los peces diurnos y nocturnos tienen bastones con pigmentos visuales que son más sensibles a la luz que prevalece durante el crepúsculo, con objeto de detectar a los predadores crepusculares. En cambio, los ojos de estos predadores presentan una visión muy eficaz al amanecer y anochecer. Sin embargo, aunque la predación en las comunidades de peces alcanza un pico durante los crepúsculos, esta no solo se da en esos periodos. La predación es una interacción que sucede todo el tiempo, de manera no definida.



A diferencia de la nuestra, la lente del ojo de los peces es esférica y se enfoca desplazándose hacia atrás, sin cambiar de forma por la acción de músculos (nuestra lente cambia de forma para enfocar a diferentes distancias). En nuestros ojos la intensidad de luz que entra es regulada por el iris y su diafragma, que se ajusta rápidamente, pero en los peces el iris se ajusta en menor medida y es la retina la encargada de ajustar la intensidad de luz.

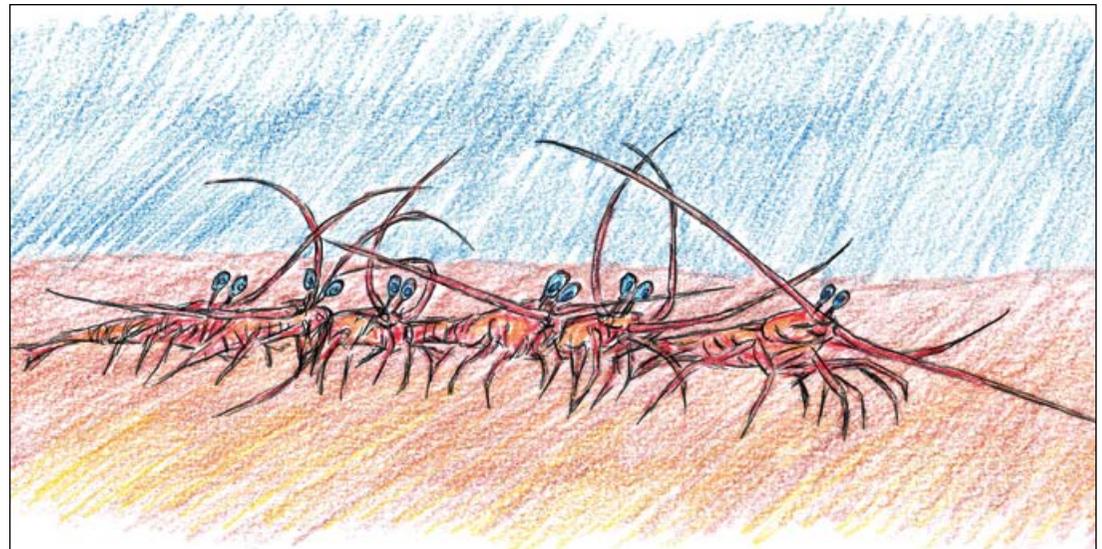
## El comportamiento (migraciones)

Una gran cantidad de peces migran durante algunas etapas de su vida. Esto les permite consumir alimentos procedentes de varios hábitats distintos, así como encontrar áreas que son más adecuadas para el desarrollo de las crías. Generalmente las migraciones son estacionales y anuales, pero algunas son diarias y ocurren en dirección vertical como la que realizan muchas especies de peces e invertebrados (principalmente crustáceos y cefalópodos) mesopelágicos. Estos se desplazan diariamente desde profundidades próximas a los 1000 m hasta casi la superficie, para alimentarse del fitoplancton durante la noche y no ser así detectados por los predadores.

Muchos crustáceos decápodos como las langostas (*Panulirus argus*) pasan la primavera y el verano en aguas costeras superficiales y migran a las aguas profundas durante el otoño e invierno. Estos cambios permiten que las langostas se alimenten en áreas superficiales ricas en nutrientes y se reproduzcan en aguas profundas, con menos riesgo de predación. Sin embargo, los salmones del Pacífico migran solamente una vez en la vida, desplazándose desde los ríos donde nacieron al mar y regresando al lugar de origen antes de morir para reproducirse.

Algunos peces regresan a las zonas desde donde comenzaron la migración, mientras que otros nunca regresarán al punto de partida. Pero es importante que lleguen a cada uno de los puntos de la ruta en el momento preciso y estar el tiempo suficiente para extraer los requerimientos de ese ambiente particular.

Un salmón adulto puede usar corrientes, pistas magnéticas o celestes mientras migra en océano abierto, pero también puede orientarse por el olfato cuando entra en contacto con su río natal.



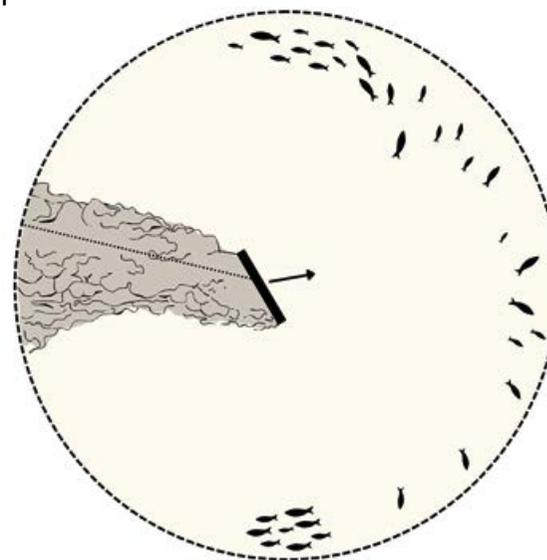
## El comportamiento (las artes de pesca)

En todas las pesquerías, el principal objetivo de los pescadores es usar el arte apropiado en el momento y lugar adecuado, según sea la especie de interés. Por eso, gran parte de la tecnología que se aplica a los artes de pesca, desde su diseño y modo de operarlo, hasta los colores con los que se pintan, están basados en la observación del comportamiento de los peces (migraciones, forma de alimentarse, periodos reproductivos, etc.). Por ejemplo, la eficacia de los artes de arrastre para capturar peces está fundamentado en la forma en la que los peces ven y en su estructura muscular.

En la mayoría de los peces, cada ojo tiene un campo visual de 170 a 180°. En la parte posterior hay una zona ciega de 20 a 30° a cada lado del cuerpo. Por eso, cuando un objeto (un arrastre) se les acerca, reacciona tan pronto como ven las puertas, pero la ruta de escape es manteniendo el arte que se aproxima justo en el límite trasero del campo de visión, que es entorno a los 135-155°. Además, la velocidad de escape suele igualar la velocidad de aproximación del arte y manteniendo una distancia similar al rango de visibilidad. Aun siendo mas rápidos que el arte, no escapan. Los peces pueden mantener por mucho tiempo velocidades bajas de natación usando para ello la energía proporcionada por la contracción de los músculos rojos que requiere respiración aeróbica (con oxígeno). Sin embargo, las velocidades altas solo

pueden ser mantenidas durante corto tiempo, requiriendo para ello la participación de la musculatura blanca, que no utiliza oxígeno.

El pez se ve obligado después de unos pocos minutos de actividad a descansar por más de 24 horas, mientras se restaura el nivel de glucógeno. Durante este periodo es incapaz de iniciar una acción efectiva de escape (por algo parecido a las agujetas), siendo muy vulnerable al arte. Los peces grandes nadan durante mucho tiempo en la boca de la red, mientras que los pequeños después de unos minutos se cansan y dejan que la red los sobrepase.

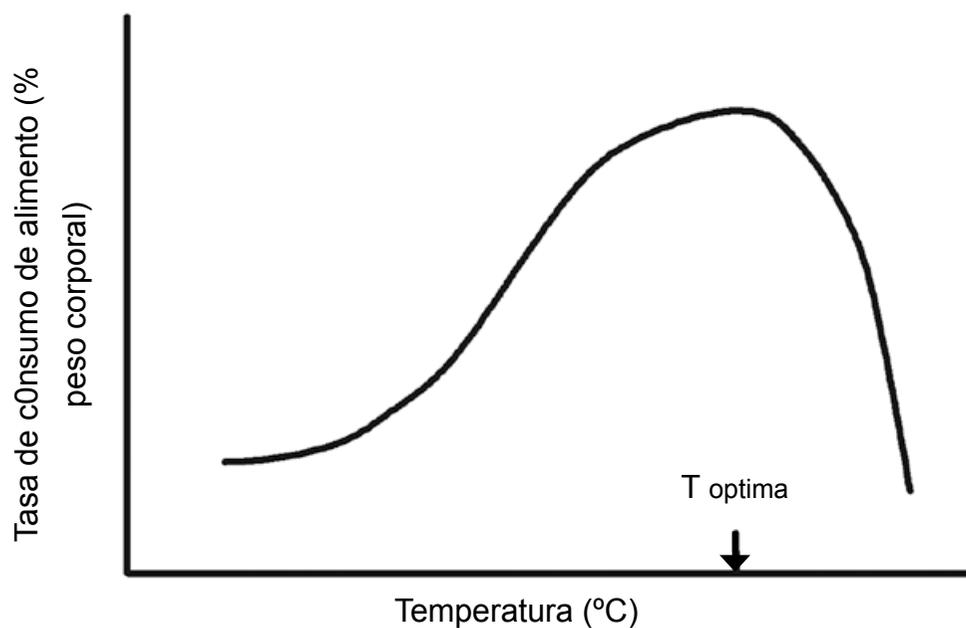


Vista cenital de las rutas de escape de los peces ante la aproximación de la puerta de un arte de arrastre (modificado de Wardle, 1993).

## El ambiente

Las características del medio acuático en el que viven los peces condicionan sus ciclos de vida, desde su crecimiento, alimentación o reproducción, hasta el comportamiento. Salvo raras excepciones, los peces son animales de sangre fría (ectotérmicos o poiquilotérmicos), no pueden controlar su temperatura corporal, por lo que dependen de la temperatura del agua para regular su metabolismo y sus niveles de actividad. Cuando hace demasiado frío, son menos activos, su apetito se reduce y su sistema inmu-

nológico se ve comprometido. Para la mayoría de las especies, el aumento de la temperatura provoca un incremento del ritmo metabólico. Este metabolismo más alto incrementa su tasa de respiración y su necesidad de oxígeno disuelto, pero también sus hábitos alimentarios y digestivos pueden cambiar. Los huevos de todas las especies de peces tienen un rango de temperatura preciso para desarrollarse, las aguas más frías o más bajas impiden dicho desarrollo o causan la muerte de las larvas tras la eclosión.



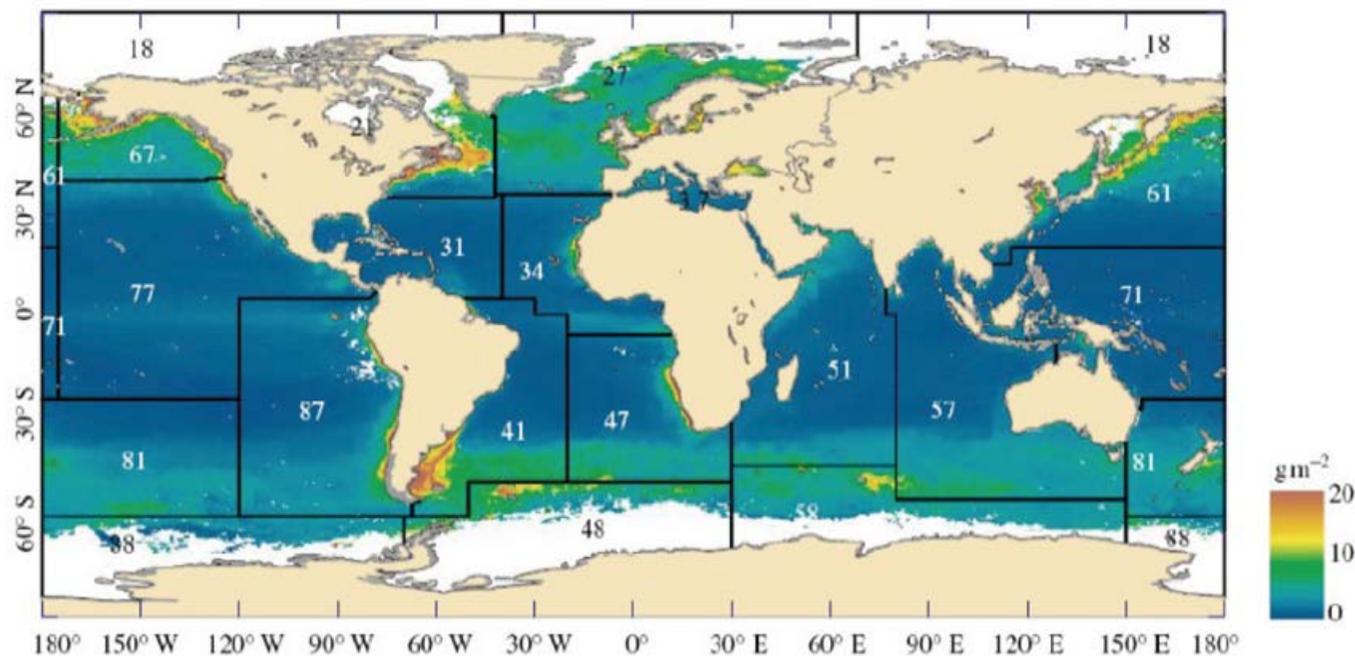
Para un rango de temperaturas, la tasa de consumo de alimento inicialmente aumenta hasta el máximo, para luego cae a medida que aumenta la temperatura. Por ejemplo, en la trucha, esta tasa a 10 °C oscila entre 5,3%, para un pez de 5g, y el 2%, para un pez de 300g. A 15°C varió entre 11,3 y 4,3%. En poblaciones naturales de una gran variedad de especies se estima que la tasa diaria de consumo de alimento oscila entre 0,5 y 5% del peso corporal.

Los factores que afectan a la distribución espacial de los peces son la extensión de la plataforma, la naturaleza del substrato, la arquitectura tridimensional del substrato, las condiciones oceanográficas (salinidad, temperatura, termoclina, turbidez, corrientes, etc.), las posibilidades de colonización desde áreas vecinas y la profundidad.

A nivel global, las grandes masas de peces se localizan en las áreas de amplias plataformas continentales (ej. Patagonia o Mar

del Norte, entre otras), zonas de afloramiento (ej. Sahara Occidental-Senegal o Perú-Chile, etc.) y áreas de choques de corrientes oceánicas (ej. Terranova o costa oriental de Japón). La vida se concentra mayormente sobre las plataformas continentales, siendo las zonas oceánicas enormes extensiones semidesérticas que son transitadas por grandes migradores, como cetáceos, atunes o tiburones, en sus desplazamientos estacionales entre sus áreas de alimentación y reproducción.

Distribución de la biomasa de peces teleósteos por áreas FAO (extraído de Jennings et al., 2008). Según estos autores, La biomasa y producción de peces se estiman en aproximadamente 900 millones de toneladas ( $2,80\text{gm}^{-2}$ ) y casi 800 millones de toneladas al año ( $2,46\text{gm}^{-2}\text{año}^{-1}$ ), respectivamente. Pero casi el 50% de toda esa biomasa de peces se encuentra concentrada en el 17% del área total del océano.



# La pesca

La pesca es una actividad de caza casi consustancial con el propio desarrollo del ser humano y cuya práctica se remonta a los prehomínidos, habiendo constancia de que hace unos 100 mil años los hombres de Neandertal ya consumían pescado. Es decir, la pesca es una de las actividades más antiguas de la humanidad. Los grabados encontrados en el Sahara muestran que la actividad pesquera en lagos y ríos se remonta al Paleolítico, periodo en el que se desarrollaron los primeros anzuelos. Sin embargo, la pesca desde embarcaciones es más reciente (hace unos 10 mil años, en el Mesolítico), tal y como evidencia la presencia de restos de peces no costeros en un yacimiento en Escocia. Por otro lado, la red más antigua del mundo, descubierta en la costa de Perú, tiene más de 8800 años.

Con el paso del tiempo su ejercicio se ha ido perfeccionando, tecnificando e intensificando, hasta tal punto que ha sido la causa de la sobreexplotación de muchas especies desde, al menos, finales del Pleistoceno. Según Jackson y colaboradores (2001) existen evidencias paleontológicas del efecto de la sobrepesca desde hace más de 12 mil años, particularmente sobre vacas marinas (*Hydrodamalis cuestae*), nutrias marinas (*Enhydra lutris*) y otras especies. Hay que esperar hasta los años 200-300 d.C., en pleno apogeo del Imperio Romano, para encontrar las primeras eviden-

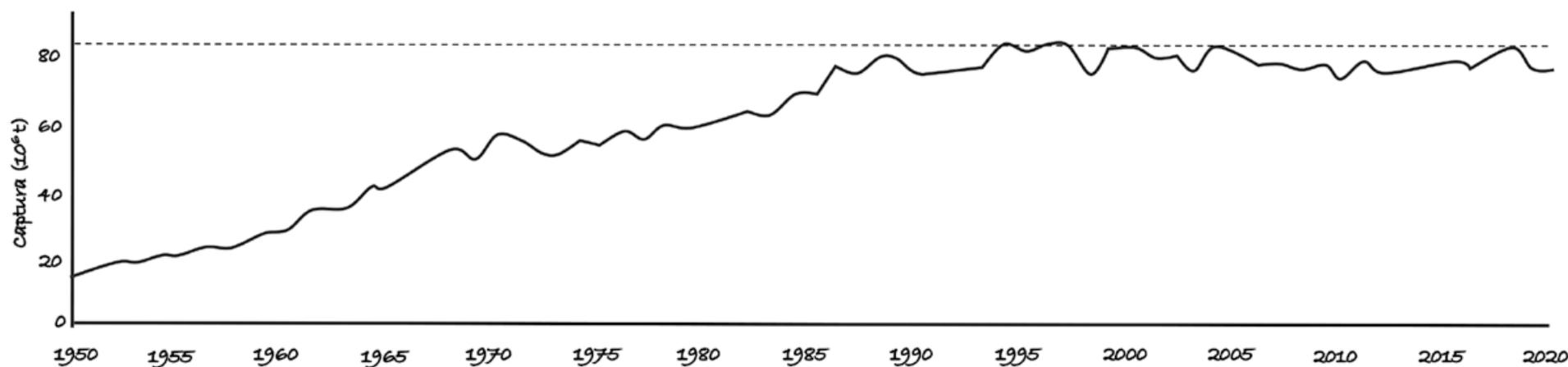
cias documentales de sobrepesca en las aguas costeras próximas a la ciudad de Roma (la ciudad poseía aproximadamente 1,2 millones de habitantes en el siglo III) (Sahrhage y Lundbeck, 1992).



Mosaico romano (Museo Arqueológico, Sousse, Túnez siglo III d.C.), mostrando escenas de pesca desde embarcaciones con artes de enmalle, arpón, cañas y anzuelos.

Según Pauly y MacLean (2003), la captura entre los años 1500 y 1700 aumentó proporcionalmente al número de pescadores y de barcos, pero a partir de la introducción del hielo (mitad 1800), el motor de vapor (1860), cables de acero para los arrastres (1880) y el arrastre con puertas (1890), éstas se incrementaron notablemente. Después de la Segunda Guerra Mundial, la sustitución de los motores de vapor por los de gasoil, la incorporación de la eco-sonda, el radar, las redes sintéticas, las redes de cerco, el halador

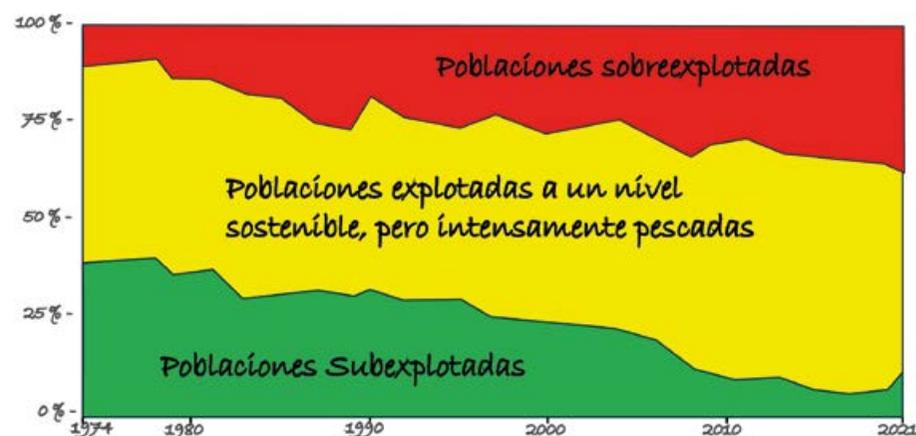
mecánico y los buques factoría, produjo un incremento notable y creciente de las capturas marinas, hasta alcanzar un máximo en la década de 1990 con una media de 81,9 millones de toneladas (en 1996 se capturaron 85,1 millones de toneladas aproximadamente). A estas cifras hay que añadir la pesca ilegal, la no regulada y no la registrada, que puede sumar hasta un 30% más de la captura mundial (Pauly *et al.*, Nature, 418, 2002).



Evolución de las capturas marinas mundiales entre 1950 y 2020 (FAO, 2022). Según FAO, la producción mundial conjunta de la pesca y la acuicultura alcanzó un máximo histórico de 223,2 millones de toneladas en 2022 (185,4 millones de animales acuáticos y 37,8 millones de algas). El 62% de los animales se obtuvieron del mar (69% pesca y 31% acuicultura). La captura mundial de peces e invertebrados marinos en 2020 fue de 78,8 millones de toneladas.

A partir de 1996 las capturas mundiales muestran una pérdida de 1,2 millones de t/año, según Pauly y Zeller (2017), o de 0,2 millones de t/año según FAO. Pero, según Myers y Worm (2003), tras 70 años de explotación industrial, quedaría menos del 20% de la biomasa de los peces existente a mediados del siglo XX, pero de los grandes predadores (atunes, peces espada, tiburones, etc.) sólo un 10% de la que había en el periodo preindustrial. De las poblaciones de peces evaluadas (20% del total), la proporción capturada dentro de niveles sostenibles disminuyó del 90% en 1974 al 62,3 % en 2021 (FAO, 2024). En 2021, el 37,7% de las poblaciones de peces estaban sobreexplotadas, el 54,3% plenamente explotadas y el 10,2% subexplotadas (FAO, 2024).

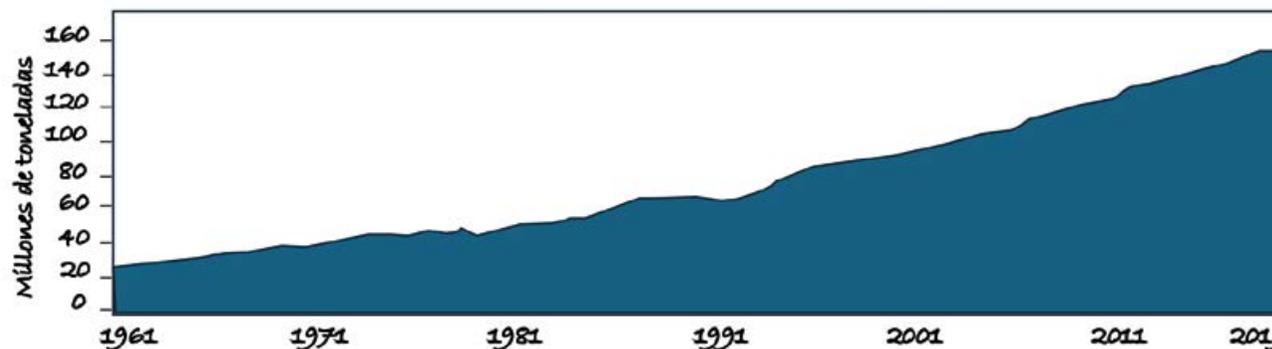
En 2022, el mercado de la pesca representó aproximadamente 159.000 millones de dólares (79,7 millones de t. peces de mar y 11,3 t. de peces de agua dulce), con una caída entre 0,12 y 2,7% respecto a las décadas de 1990, 2000 y 2010. El incremento medio del valor real de los productos marinos anualmente ha sido de un 3,9% entre 1976 y 2020, y un 5,6 desde 2020 (FAO, 2022, 2024). Por cada persona empleada en el mar existen otras tres empleadas en tierra. Los peces son la principal fuente de proteínas animales para 1000 millones de personas. En 2022, la



Tendencias de la situación de las poblaciones de peces marinos a nivel mundial entre 1974 y 2021 (modificado de FAO, 2024).

pesca daba trabajo directo a 33,4 millones de personas (38 millones en 2020) (77% en Asia y 24% eran mujeres) y es el sustento de aproximadamente 100 millones de personas, el 90% de las cuales viven en países en desarrollo (FAO, 2022, 2024). China es el principal país pesquero (15% de la captura global), seguido de Indonesia, Perú, India, Rusia, EE.UU. y Vietnam (juntos obtienen el 49% de la captura global) (FAO, 2022).

No obstante, el Banco Mundial, en 2008, estimó que las pérdidas económicas en las pesquerías marinas, resultado de una pésima gestión, ineficiencia y sobreexplotación, alcanzan los 50 mil millones de dólares al año. Así, entre 1980 y 2008 se estimó que las pérdidas totales rondaron los 1,5 billones de dólares. Pero, estas estimaciones no incluyen las pérdidas asociadas al sector de la pesca recreativa, al turismo, la pesca ilegal y pesca fantasma, la pérdida de biodiversidad y las derivadas del Cambio Climático.



Consumo mundial de alimentos procedentes de la pesca y la acuicultura marina y dulceacuícola entre 1961 y 2019. En 2021, los organismos marinos representaron el 15% del aporte de proteínas animales de la población mundial (17% en 2019) y el 6% de todas las proteínas consumidas (7% en 2019). El consumo aparente mundial de pescado per cápita aumento de 9,1 kg en 1961 a 20,7 kg en 2022 (FAO, 2024).

## La pesca industrial, pesca artesanal y pesca recreativa

La pesca artesanal proporciona al menos el 40% (37,3 millones de toneladas) de las capturas pesqueras mundiales. A nivel global, el sustento de 1 de cada 12 personas, casi la mitad de ellas mujeres, depende al menos en parte de la pesca en pequeña escala, que en total genera el 44% (77.200 millones de dólares) del valor económico de todas las pesquerías desembarcadas. La pesca artesanal, junto con la recreativa, conforma lo que se conoce como pesca

de pequeña escala. Esta última es la que se realiza con fines de entretenimiento, ocio, pasatiempo o deporte, sin fines de lucro. Según Felizola-Freire et al. (2020) la captura mundial de peces obtenida por pescadores deportivos es de aproximadamente 900.000 t anuales (1,1% de la pesca marina desembarcada en 2014). En EE.UU. este sector representa el 5% de la captura total, pero ejerce más presión sobre las especies más vulnerables. En Europa

la pesca deportiva mueve un mercado de unos 5.900 millones de euros anuales (2017), y sostiene unos 100.000 puestos de trabajo.

A esta pesca de pequeña escala se contraponen la pesca industrial llevada a cabo por grandes barcos, de más de 18 m de eslora, provistos de la tecnología pesquera más moderna orientada a obtener grandes volúmenes de captura y actuando generalmente en caladeros muy distantes de los puertos base. Muchos de estos grandes

barcos actúan como factorías donde se procesa el pescado y se congela para su mejor conservación. Su actividad se suele prolongar durante varios meses en el mar antes de volver a puerto para descargar, o simplemente trasbordan la captura en alta mar a otros barcos auxiliares más pequeños. El 85% de las capturas obtenidas por esta flota de altura se reparte entre solo cinco países: China, Japón, Taiwán, Corea del sur y la U.E. (donde España es el país principal en cifras de capturas).

## Impactos de la pesca

Uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta la pesca son los descartes (pescado sin interés comercial que se tira muerto por la borda de los barcos) y que se estima que ha aumentado desde algo menos de 5 millones t/año, a principios de la década de 1950, hasta 18,8 millones t en 1989. Posteriormente ha descendido a menos de 10 millones t/año en los años 2000 y a 9.1 millones t/año entre 2010-2014 (FAO, 2019). Los descartes ocurrieron predominantemente en el Atlántico Norte en las décadas de 1950s a 1980s, para después dominar en la costa de África Occidental. Mas recientemente los mayores descartes tienen lugar en el Pacífico Noroeste y Oeste (Zeller *et al.*, 2017). Según FAO (2019), como parte del descarte de pesca se estima que se matan anualmente unos 20 millones de ejemplares de especies amena-

zadas o en peligro de extinción (1 millón de aves marinas, 8,5 millones de tortugas, 225.000 serpientes marina, 650.000 mamíferos marinos y 10 millones de tiburones).

Los aparejos de pesca abandonados o perdidos son uno de los principales contribuyentes a la contaminación de los océanos, con amplios impactos sociales, económicos y ambientales. Richardson *et al* (2022) estiman que anualmente se pierden un 2 % de todos los artes de pesca (2.963 km<sup>2</sup> de redes de enmalle, 75.049 km<sup>2</sup> de redes de cerco, 218 km<sup>2</sup> de redes de arrastre, 739.583 km de líneas principales de palangre y más de 25 millones de nasas y trampas). Estos sistemas de pesca perdidos siguen generando capturas, en lo que se conoce como pesca fantasma.

Por otro lado, Anderson y colaboradores (2011) estimaron que, a nivel mundial, anualmente, se matan de forma accidental entre 160.000 y 320.000 aves, principalmente petreles y albatros, al quedar enganchadas en los palangres. Mientras, en el año 2000, 200.000 tortugas bobas y 50.000 tortugas laúd se pescaron también con palangres (Lewison et al. 2004). Esto es lo que se conoce como pesca incidental o accidental.

Los arrastres de fondo son las artes más destructivas, ya que al “arar” el lecho marino arrancan la flora y fauna que habita sobre el mismo. Este grado de destrucción del hábitat es uno de los factores responsables de la disminución de algunos stocks de peces en áreas arrastradas de forma frecuente (Watling y Norse, 1998). Este impacto negativo sobre los ecosistemas bentónicos puede durar décadas e incluso siglos. En un único arrastre de fondo se eliminan entre el 5 y 25% de los organismos bentónicos, con efectos acumulativos en los sucesivos arrastres (Poiner et al., 1998). Además, este tipo de artes son los que tienen una mayor proporción de descartes, conservándose a bordo sólo el 20%, o menos, de la captura total obtenida (Alverson et al., 1994).

Muchas especies de peces tienen la capacidad de transmitir conocimientos a sus congéneres, lo cual es particularmente interesante

durante las migraciones o para identificar las rutas más seguras para abandonar los arrecifes y dirigirse a las zonas de alimentación, como ocurre entre los roncadores. Experimentos de implante de individuos foráneos prueban que los peces rápidamente adquieren conocimiento a partir de los residentes locales sobre las rutas y lugares (aprendizaje social). Además, los salmones adultos migran más certeramente a su río natal cuando lo hacen en grandes densidades, según se desprende de la recolección de marcas y estimaciones del tamaño de la población (Quinn y Fresh, 1984). Pero, recientemente Slotte y colaboradores (2025) han puesto en evidencia como las pesquerías selectivas dirigidas a peces de mayor talla (los más viejos) ocasionan una pérdida de memoria colectiva. La población de arenque más grande del mundo (*Clupea harengus*) ha migrado tradicionalmente hasta 1300 km hacia el sur desde las áreas de invernada en el norte de Noruega para desovar en la costa oeste. Pero, experimentos de marcado demuestran un cambio abrupto de aproximadamente 800 km hacia el polo en el desove principal. Esta nueva migración se produjo al faltar los individuos más viejos, eliminados por la pesca, rompiendo la transferencia cultural intergeneracional, con importantes consecuencias para la producción.

## Sistemas de pesca

A la hora de clasificar los instrumentos y sistemas de pesca es importante tener en cuenta el material con el que están contruidos. Así, se consideran artes de pesca todos aquellos que están hechos con redes y tienen por objetivo enredar o embolsar a los peces cuando interaccionan con ellos, como las redes de arrastre, los trasmallos o cercos. Por otra parte, se consideran aparejos todos los que utilizan anzuelos o similares, lo que incluye a los cordeles, palangres y poteras. Las trampas, por su parte, son dispositivos a modo de jaulas orientados a retener vivos a los peces, crustáceos y cefalópodos a los que orientan su captura. Entre estos últimos destacan las nasas para peces o camarones, los tambores de morenas o incluso las almadrabas. Finalmente están los útiles como arpones y figsas, de construcción sencilla y fácil manejo.

La presencia continua, o no, del pescador para que el sistema de pesca funcione permite clasificar estos instrumentos en activo o pasivos. Los primeros, por lo general, requiere de una búsqueda o persecución dirigida a localizar y capturar la especie objetivo (e.g., arrastres), mientras que los sistemas pasivos están diseñados para aprovechar el comportamiento de los peces, como sus migraciones estacionales (e.g., las almadrabas) o sus movimien-

tos diarios (e.g., las redes de agalladera), o la atracción que sienten hacia un determinado cebo (e.g., el palangre), tipo de refugio (e.g., la nasa) o su tendencia hacia la luz (e.g., traíñas).



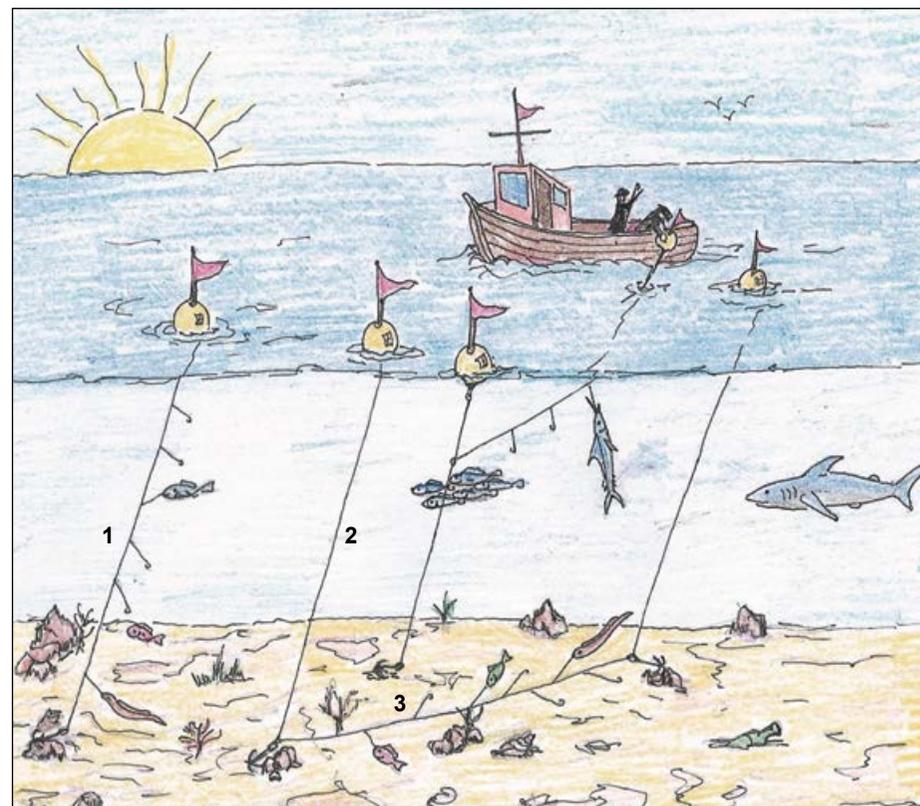
# Palangre

El palangre consiste en una línea única y principal, o cabo madre, ramificada con líneas de anzuelos (brazoladas) conectadas a ella. Los palangres pueden ser calados y, por tanto, fijados al fondo con anclas en los extremos, típicos en aguas costeras, o puede ser de deriva, unidos a radiobalizas, boyas luminosas o reflectores de radar que ayudan a su localización.

Los palangres pueden ser verticales (1) u horizontales de superficie (2), de media agua o de fondo (3), dependiendo de las especies que tenga por objetivo capturar y sus respectivos hábitats.



Pueden estar dotados de cientos a millones de anzuelos y calarse en agua muy someras, casi en la superficie, o en profundidades que pueden llegar a superar los 1000 m. Están orientados a la captura de atunes, peces espada, tiburones, en aguas superficiales o intermedias, o a especies como la merluza, fletanes, bacalao, etc, en el fondo.



# Curricán

El curricán, también conocido como cacea o trolling, es un sistema de pesca que se basa en el arrastre superficial, o semi superficial, de una o varias líneas con anzuelos desde una embarcación. En esta modalidad se suelen utilizar cebos artificiales, coloridos y articulados, con el fin de que sean muy atractivos para los peces.

Es una pesca orientada principalmente a la captura de atunes y peces espada, y la recuperación de la captura suele estar se-

miautomatizada, a través de carretes con motor eléctrico para recoger las líñas.

Hay barcos que están especialmente diseñados para este tipo de pesca, disponiendo de varas (tangones) de aluminio u otro material resistente que se instalan en el lateral de los barcos para poder separar varias líñas (o líneas) de pesca simultáneas y que los señuelos no se enreden entre sí.

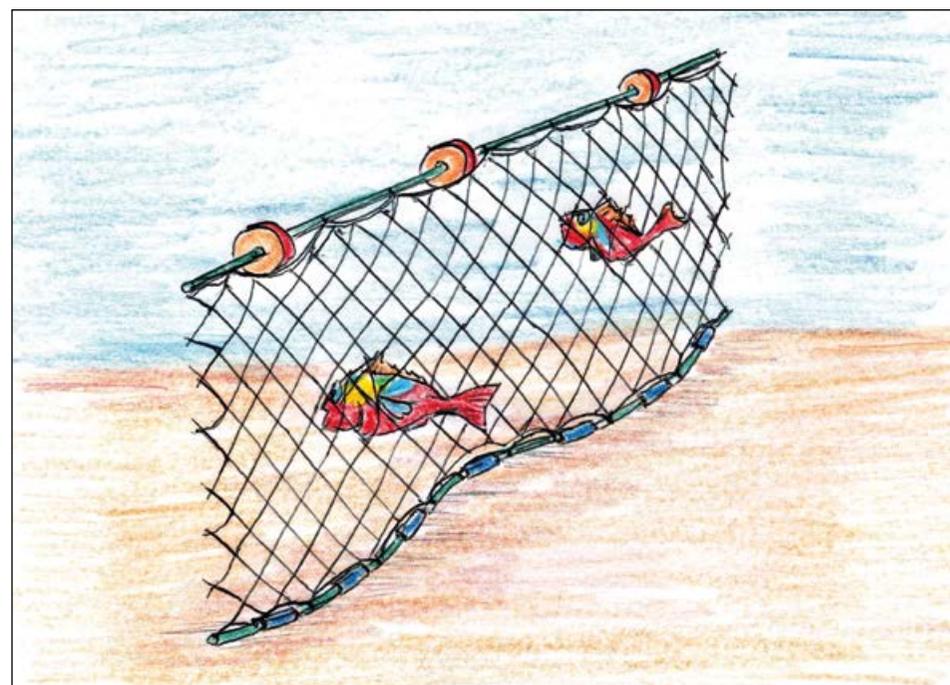


## Redes de enmalle

Las redes de enmalle están formadas por paños de red en una única pared (cazonales y volantas) o en varias superpuestas (trasmallos). Estas redes se mantienen en posición vertical mediante una línea de flotación (relinga de boyas) y una línea con plomos o pesos hacia el fondo (relinga de plomos), o mediante estacas cuando se instalan en aguas muy someras. La red puede ser calada en el fondo marino, o a cierta distancia sobre el mismo, mediante anclas o pesos a ambos extremos. No obstante, algunas de estas redes

pueden ser utilizadas derivando con las corrientes, como es el caso de las volantas, o remolcadas por barcos, para capturar especies pelágicas como sardinas, arenques, pez espada, atunes, etc.).

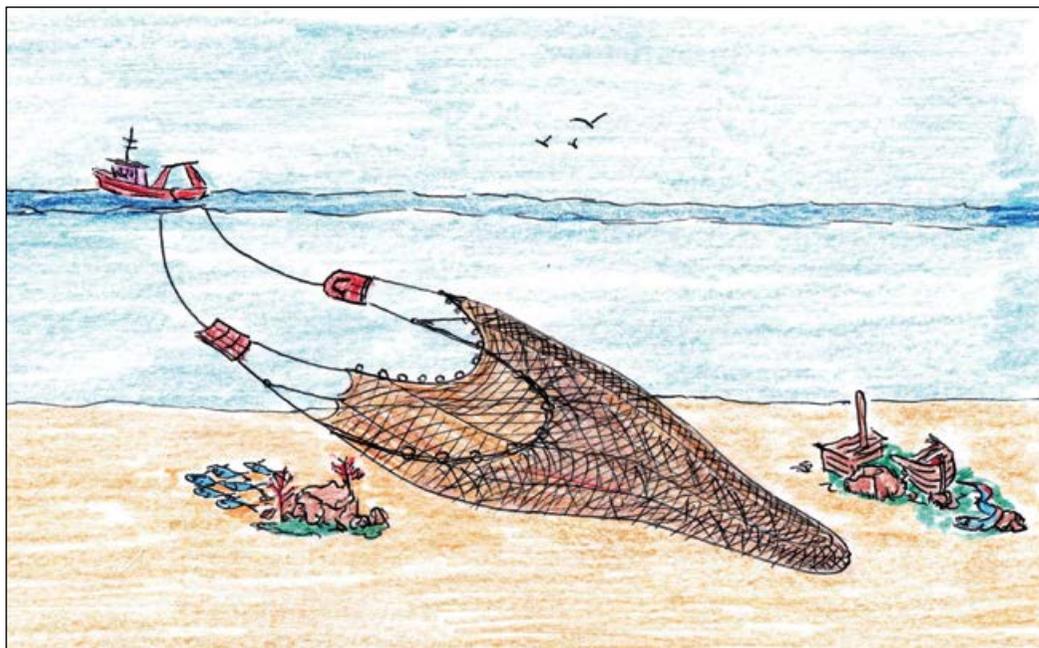
Este tipo de redes tiene tres formas de captura: enmallando o capturando a los peces por las agallas, aprisionado el cuerpo del pez a la altura de la aleta dorsal, o reteniéndolo en la red por cualquier parte.



## Arte de arrastre

El arrastre es una red tipo bolso utilizada mayormente para la captura de peces que habitan cerca del fondo. No obstante, también hay arrastres pelágicos y semipelágicos. Suele tener forma cónica, reteniendo la captura en su extremo final o copo. La boca de la red se mantiene abierta gracias a estructuras laterales, de madera o metálicas, que se denominan puertas. La parte superior lleva flotadores y la inferior va lastrada. Pueden ir remolcadas por una o más embarcaciones.

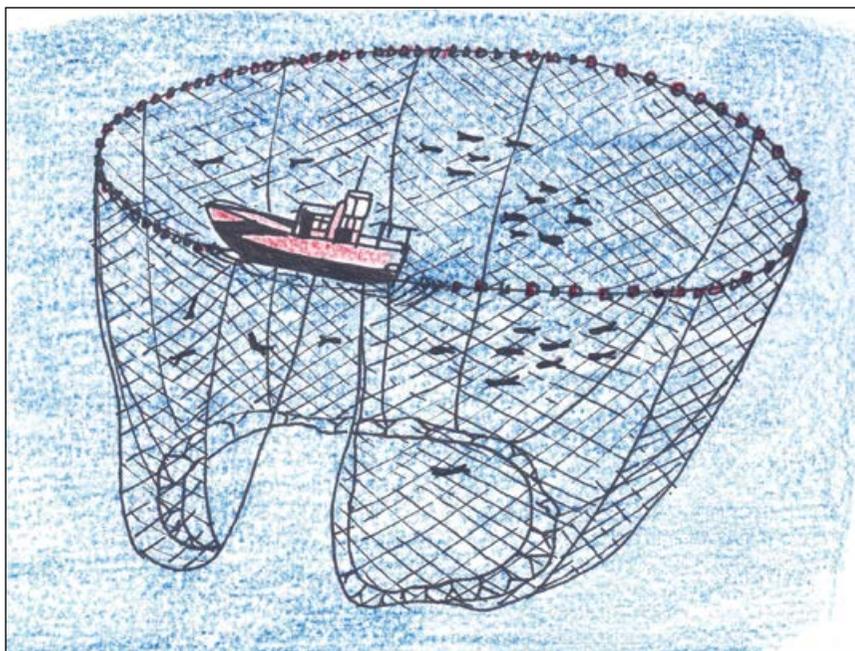
En Canarias existe un arte de pesca tradicional conocido como Chinchorro, usado especialmente en zonas costeras de aguas poco profundas. Consiste en una red que se extiende desde una embarcación cercana a la orilla formando un cerco semicircular y que luego se recoge manualmente desde tierra, tirando de ambos extremos. Este arte permite capturar especies que se acercan a la costa, como sardinas, bogas o caballas y ha sido parte fundamental de la pesca artesanal canaria durante generaciones, aunque prohibido actualmente.



# Cerco

La pesca de cerco consiste en rodear a los cardúmenes de peces (atunes, sardinas y similares) con una red que posteriormente se cierra por debajo y crea un gran bolso que contiene a los peces. La red tiene numerosos flotadores que impiden que se hunda y en su otro extremo dispone de plomos que la mantienen vertical. Una vez rodeados los peces, se cierra la red tirando de los extremos de un cabo llamado jareta que pasa por la parte inferior del arte y así la cierra. Se utiliza una gran red de 250 a 1000 metros de longitud y unos 50 de alto.

La pesca industrial con estas redes requiere de la ayuda de una pequeña embarcación de apoyo, conocida como panga, que ayuda a tirar de la red y el evitar que esta se meta bajo el barco. En Canarias, las traíñas, al pescar de noche, utilizan un bote auxiliar que ayuda a la concentración de los peces con sus luces y a servir de referencia al barco principal a la hora de lanzar la red en la oscuridad.

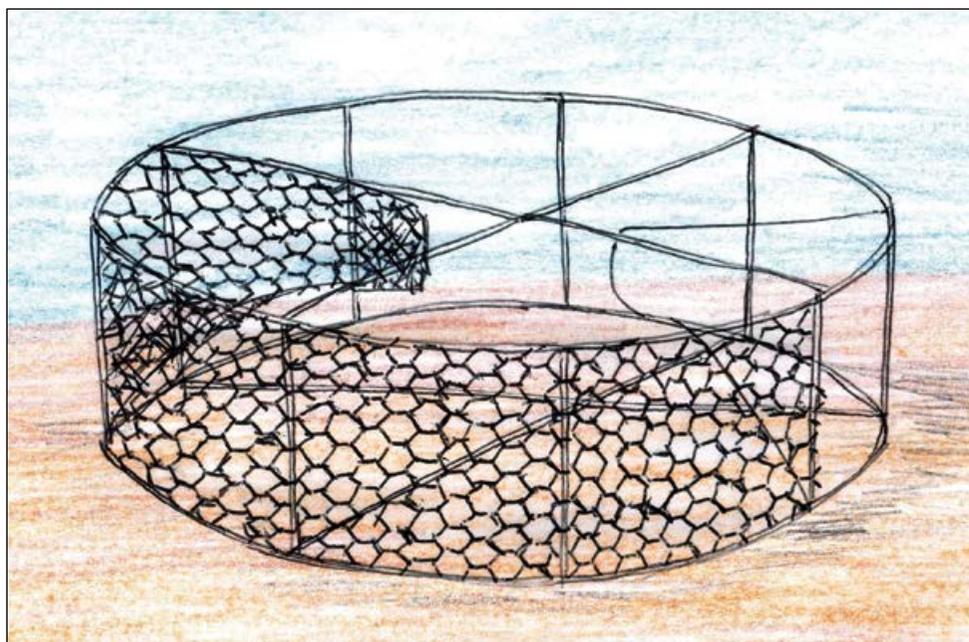


# Trampas

Las trampas pueden ser de formas muy diversas, desde cilindros que se van estrechando (forma de embudo invertido), redondas o cuadradas (nasas), principalmente diseñadas para pescar crustáceos, peces y cefalópodos, hasta las construidas con redes que va dirigiendo el recorrido de los atunes en su recorrido hasta un depósito del que le es imposible salir, como es el caso de las almadrabas. Muchas de las nasas se suelen cebar para atraer a los peces hacia su interior.

En Canarias, la estructura base de las nasas consiste en un esqueleto de hierro formado por dos aros unidos por varillas colocadas en sentido vertical y que definen su altura, y todo forrado por malla metálica. La nasa presenta en su parte lateral las entradas (1 ó 2), en forma de embudos descendentes, contruidos con la misma malla.

Para el pulpo se utilizan vasijas de cerámica, o en plástico, que aprovechan la necesidad de estos animales para buscar refugio.



## Cebo vivo

La captura de atunes con el método de cebo vivo es una de las modalidades más artesanales y tradicional de pesca que se realiza en Canarias para la captura de estos grandes peces migradores. El método consiste primeramente en obtener peces pequeños que se utilizarán de cebo para atraer los atunes. Estos peces se capturan con la ayuda de redes de cerco que se calan, principalmente, en agua someras sobre praderas de algas. El cebo se mantiene vivo en tanques a bordo del barco de pesca.

Una vez localizados los bancos de atunes, muchas veces con la ayuda de las aves marinas (pardelas), se atrae a los atunes hacia el barco lanzando continuamente el cebo vivo por la borda. Al mismo tiempo, se lanzan chorros de agua por la banda del barco con el objetivo de encelar aun más a los atunes con el chapoteo y evitar que estos vean a los pescadores moviéndose sobre el barco.

Ahora, los pescadores capturan a los atunes, uno a uno, utilizando cañas largas con señuelos o cebo vivo en sus anzuelos.



## La selectividad de las artes

Algunos sistemas de pesca, como las redes de arrastre, capturan un rango amplio de tallas dependiendo de la abertura de malla del copo, no discriminado entre especies (baja selectividad), mientras que otros artes (como los trasmallos) son selectivos sólo en ciertos rangos de tallas, no capturando a los peces muy pequeños ni a los muy grandes. Esta propiedad selectiva es una herramienta importante para la gestión pesquera, ya que regulando la luz mínima de las redes (o el tamaño y forma de los anzuelos) se puede establecer, de manera aproximada, las tallas mínimas que se van a capturar de las especies objetivo.

La pesca no selectiva es muy perjudicial al dañar la estructura de las poblaciones de peces, cambiando su distribución de tamaños y la representatividad de determinadas clases de edad y/o sexos, pero también influye en otras especies no objetivo que son también capturadas, alterando las cadenas tróficas y los hábitats. Pero, también la pesca selectiva puede causar algunos problemas graves si ésta se ejerce en exceso y sobre un determinado grupo de individuos con características determinadas. Normalmente el pes-

cador tiene la tendencia a pescar los peces más grandes, pero es importante también proteger a los grandes reproductores ya que estos proporcionan la estabilidad necesaria a los stocks, garantizando la reproducción (en muchas especies, que cambian de sexo, los individuos mas grandes suelen ser hembras).

No se debe confundir selectividad con sostenibilidad, ya que la selectividad no garantiza la sostenibilidad de la pesquería y el equilibrio ecológico necesario. Una acción muy selectiva sobre determinadas especies o sobre unas tallas muy específicas, además de alterar la dinámica poblacional y la capacidad reproductiva de las especies, distorsiona los equilibrios tróficos. Se puede producir una sucesión de especies, primero en el ecosistema y luego en la pesquería, por cambios en la ocupación de los nichos ecológicos y en las abundancias relativas, generando desequilibrios que pueden llevar a la sobreexplotación del conjunto del ecosistema y al fenómeno de cascada trófica.

## El esfuerzo pesquero

El esfuerzo de pesca se puede definir como la “energía” que se aplica para obtener una captura y, por tanto, ha de mostrar proporcionalidad con la cantidad de peces que se obtienen. No obstante, medir el esfuerzo de pesca no es algo sencillo, ya que la energía aplicada se puede registrar de diversas formas, como el número de pescadores, embarcaciones o artes de pesca utilizados, el consumo de gasoil, el tiempo invertido pescando, etc., y ninguna de ellas, por si sola o en combinación, guarda la debida proporcionalidad con la mortalidad por pesca.

En general, y para simplificar los cálculos y modelos, se asume que la mortalidad por pesca ( $F$ ) es el resultado de multiplicar el esfuerzo ( $f$ ) realizado por una constante que denominamos capturabilidad ( $q$ ) ( $F=qf$ ). De este modo, se define la capturabilidad como la “proporción” de peces de una población que cada unidad de esfuerzo mata por unidad de tiempo. Obviamente, a medida que disminuye la población de peces (por sobrepesca), la capturabilidad no solo deja de ser constante, sino que aumenta a medida que hay menos peces. Simplemente, porque los peces tienden a concentrarse en el espacio a medida que su población se reduce, por cuestiones obvias, lo que hace su captura más fácil y, por tanto, cada pez capturado representa una mayor proporción de la biomasa en una población menguante.



## Captura por Unidad de Esfuerzo

Uno de los objetivos de la evaluación de stocks es determinar la biomasa existente de una población o sus variaciones en el tiempo, con el objetivo de poder adecuar la estrategia de explotación a dichas variaciones. Una de las medidas más utilizadas de la abundancia de un stock es la captura por unidad de esfuerzo o CPUE. En condiciones ideales (que los peces están homogéneamente distribuidos en el mar y que los pescadores pescan al azar, o lo que es lo mismo que existe una relación directa entre esfuerzo de pesca y mortalidad por pesca), se puede asumir que las variaciones en el tiempo de la CPUE son un indicador de los cambios en la abundancia de peces disponibles a la pesca. Es decir, la captura (C) se puede asumir como aplicar una mortalidad por pesca (F) a una población de peces (N), de modo que  $C=FN$ . Por tanto,  $C=qfN$ . De aquí podemos deducir que  $C/f=qN$ , o lo que es lo mismo  $CPUE=qN$ .

Sin embargo, esas condiciones ideales no se suelen dar en la naturaleza y la capturabilidad rara vez funciona como una constante. Por eso, la validez de la CPUE como un indicador de la abundancia obliga a tener una medida muy exacta de las capturas realizadas (profesionales, recreativas, descartes, etc.) y a adecuar la unidad de esfuerzo de forma continua a cualquier variación que la pueda condicionar. La introducción de mejoras tecnológicas en las embar-

caciones (motores, ecosondas, información por satélites, etc.), en los sistemas de pesca o en la propia experiencia del pescador, son factores que aumentan la capacidad de captura y, por tanto, la mortalidad generada. Incluso las mejoras de los servicios portuarios (pantalanes, grúas, hielo, etc.) o la construcción de una carretera que comunique más rápidamente el puerto con los mercados de venta de la captura, aumentan de manera indirecta y significativa el esfuerzo de pesca, ya que posibilitan un aumento de la actividad de la flota acorde a los incrementos en la demanda.



# Los modelos de evaluación de poblaciones

La evaluación del estado de los stocks de peces surge de la Dinámica de Poblaciones, una rama de la biología que se ayuda de las matemáticas para describir los procesos demográficos en las poblaciones de animales. Pero, en el caso de los peces tiene la dificultad añadida de que no existe la posibilidad de realizar una observación directa para comprobar, in situ, la veracidad de los resultados. Además, los datos que se utilizan en los modelos están sesgados porque proceden de una explotación comercial dirigida a ciertas especies y a ciertas tallas.

De manera simple, el objetivo es determinar el valor de factores contrapuestos, unos que permiten que las poblaciones de peces aumenten su biomasa con el tiempo, como el crecimiento (G) y la



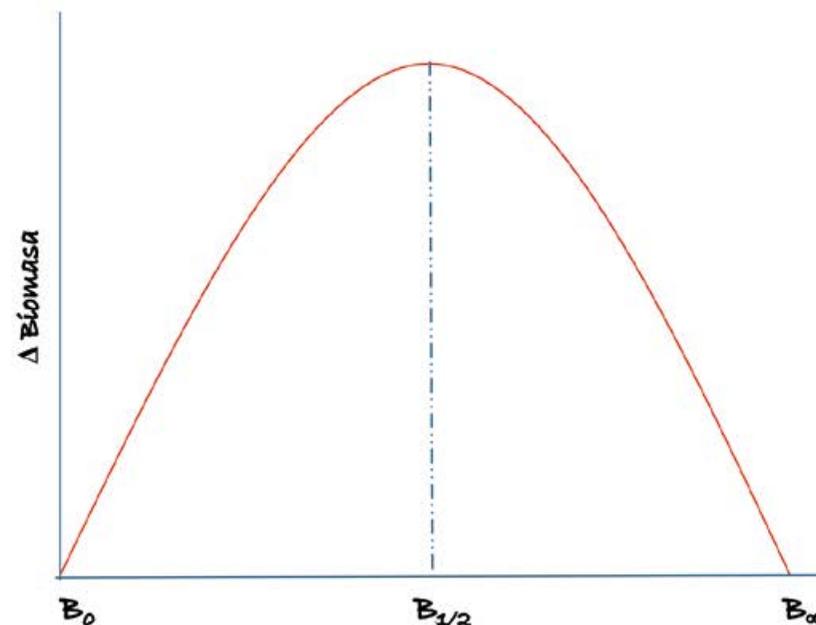
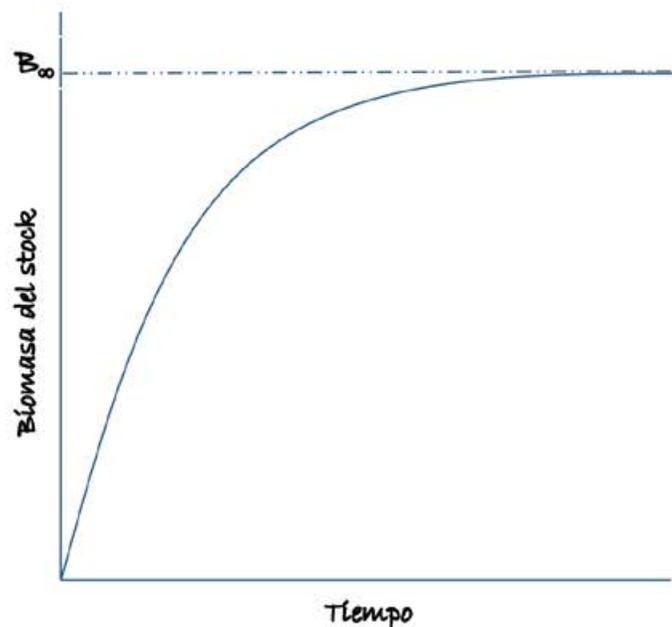
reproducción (R), y otros que la reducen al causar mortalidad, ya sea de forma natural (enfermedad, parasitismo, predación, vejez, etc.) o por pesca. Así, Russell, en 1931, combinando estos cuatro factores, propuso un modelo descriptivo básico sobre el cual se han construido los actuales modelos analíticos. Su modelo se resume en la siguiente ecuación:  $B_2 = B_1 + (G + R) - (F + M)$ , donde  $B_1$  y  $B_2$  son las biomásas de la población al inicio ( $B_1$ ) y al final ( $B_2$ ) del intervalo de tiempo considerado.

Evidentemente, esta dinámica poblacional es mucho más compleja ya que intervienen múltiples factores adicionales, como las variaciones en las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, etc.) o las relaciones multiespecíficas directas e indirectas. Pero, también la estrecha dependencia entre los mismos factores que conforman la ecuación, entre el crecimiento y la reproducción, y ambos con el reclutamiento y los cambios en la mortalidad natural a lo largo del ciclo vital de las especies. También la pesca, a su vez, condiciona de manera significativa el crecimiento y el éxito y potencial reproductor de las especies, la edad de maduración y las causas de mortalidad natural, incidiendo a la vez sobre la disponibilidad de presas y predadores.

# Los modelos globales o de producción

Cuando se estudia la evolución de una población se puede asumir que su biomasa aumentará de forma progresiva hasta alcanzar un máximo ( $B_{\infty}$ ). Este máximo teórico viene definido por la capacidad que tiene el ecosistema para mantener viva a esa población, ya sea por la limitación de espacio o de comida, entre otros factores. Esto es lo que se conoce como capacidad de carga del sistema para dicha especie o población. De igual manera, al inicio la biomasa de la población crecerá a un ritmo muy rápido, alcanzando la

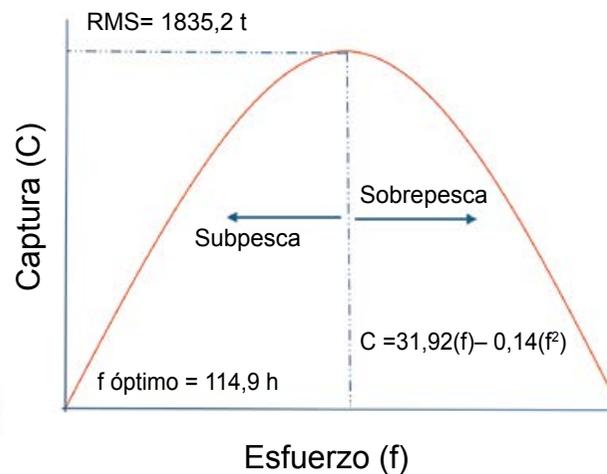
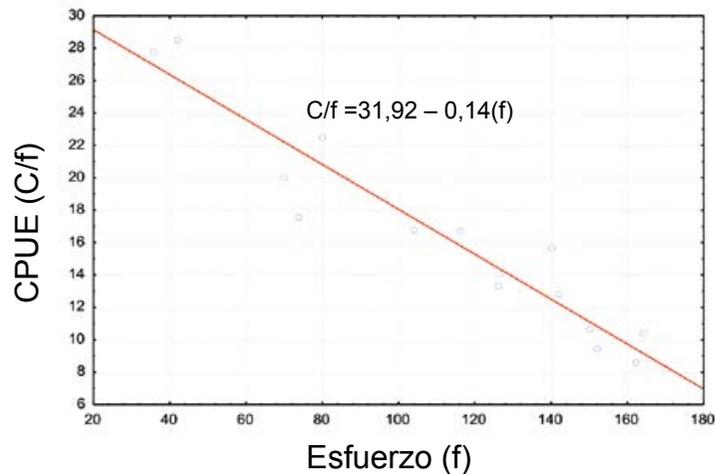
mayor capacidad de crecimiento a la mitad de su tamaño teórico, y a partir de ese momento su biomasa se incrementará a un ritmo más lento por las limitaciones que le va imponiendo el ambiente y la competencia entre los propios individuos por los recursos. Por tanto, a nivel teórico, si la pesca se regula de tal forma que anualmente capture lo que se produce en exceso, tendremos que la población se mantendrá en equilibrio y la tasa de pesca será igual a la tasa de crecimiento de la población.



# Los modelos de evaluación de poblaciones (modelos globales)

| Años | Capturas | Esfuerzo | CPUE  |
|------|----------|----------|-------|
| 2007 | 1000     | 36       | 27,78 |
| 2008 | 1200     | 42       | 28,57 |
| 2009 | 1400     | 70       | 20,00 |
| 2010 | 1300     | 74       | 17,57 |
| 2011 | 1800     | 80       | 22,50 |
| 2012 | 1750     | 104      | 16,83 |
| 2013 | 1940     | 116      | 16,72 |
| 2014 | 1680     | 126      | 13,33 |
| 2015 | 2200     | 140      | 15,71 |
| 2016 | 1820     | 142      | 12,82 |
| 2017 | 1600     | 150      | 10,67 |
| 2018 | 1700     | 164      | 10,37 |
| 2019 | 1400     | 170      | 8,24  |
| 2020 | 1400     | 162      | 8,62  |
| 2021 | 1440     | 152      | 9,47  |

Imaginemos que hemos ido recopilando las toneladas capturas de una especie cualquiera durante una serie de años y estimar las horas que hemos dedicado a su captura. Al representar la CPUE (C/f) frente al esfuerzo, se observa que el rendimiento de la pesquería se va reduciendo progresivamente, debido a que la población está perdiendo biomasa por efecto de la pesca y no la regenera al mismo ritmo que se extrae. Tras hacer la oportuna transformación de ecuación de la recta que relaciona la CPUE y el esfuerzo, se obtiene la ecuación de la Parábola de Producción, cuyo máximo indica la captura máxima que soporta la especie (y el esfuerzo óptimo para alcanzarlo) sin ser sobrexplotada, lo que es lo que se conoce como Rendimiento Máximo Sostenible (RMS).



Este es el modelo de Producción de Schaeffer (1970). Da una visión rápida de como se encuentra el stock, pero asume las condiciones ideales de pesca y distribución de los peces, y que la capacidad de carga del sistema natural es constante. Su uso no se aconseja para especies que formen cardúmenes porque no cumplen esas condiciones ideales.

## Los modelos de evaluación de poblaciones (modelos analíticos)

A diferencia de los modelos de producción, que solo necesitan datos de capturas y esfuerzo realizado y no tienen en cuenta las características biológicas de las especies, los modelos analíticos requieren más información sobre las especies que está siendo evaluada, como puede ser un mayor detalle sobre que tallas se están pescando y en que proporción. Así, por ejemplo, el análisis de la población virtual (APV) y el análisis de cohortes requieren conocer las capturas para cada clase de edad o, en el caso de es-

pecies tropicales, por clases de tallas (asumiendo que estas están relacionadas con la edad). El número total de peces en la captura global se obtiene extrapolando las distribuciones de edad o de tallas, obtenidas en muestras aleatorias del desembarque, al peso de la captura total. Para ello, es necesario disponer de tablas que contengan la captura total desembarcada en número de individuos, por edad o tallas, por año o por mes, antes de comenzar el análisis.

## El análisis de la población virtual (APV)

La idea tras el APV, por ejemplo, es que, a partir de las observaciones sobre el número de individuos capturados en cada grupo de edad, se puede estimar cuántos peces debe haber habido en el mar para que se pueda conseguir esa captura, bajo el supuesto de que se conoce la mortalidad natural.

De manera general, para realizar los cálculos necesarios en el APV se requiere el uso de tres ecuaciones: la ecuación de supervivencia ( $N_{i+1} = N_i e^{-(F_i + M_i) t_i}$ ), la ecuación de captura ( $C_i = F_i(N_i(1 - e^{-(F_i + M_i) t_i})) / (F_i + M_i)$ ) y la ecuación de Pope ( $C_i = N_i e^{-(M_i/2)} - N_{i+1} e^{(M_i/2)}$ ), donde  $N_i$ ,  $C_i$ ,  $F_i$  y  $M_i$  son la abundancia en número de individuos, la captura obtenida también en número de individuos, la tasas de mortalidad por pesca y la tasa de mortalidad natural para una clase de edad dada (edad  $i$ ), respectivamente, aplicadas de manera sucesiva.

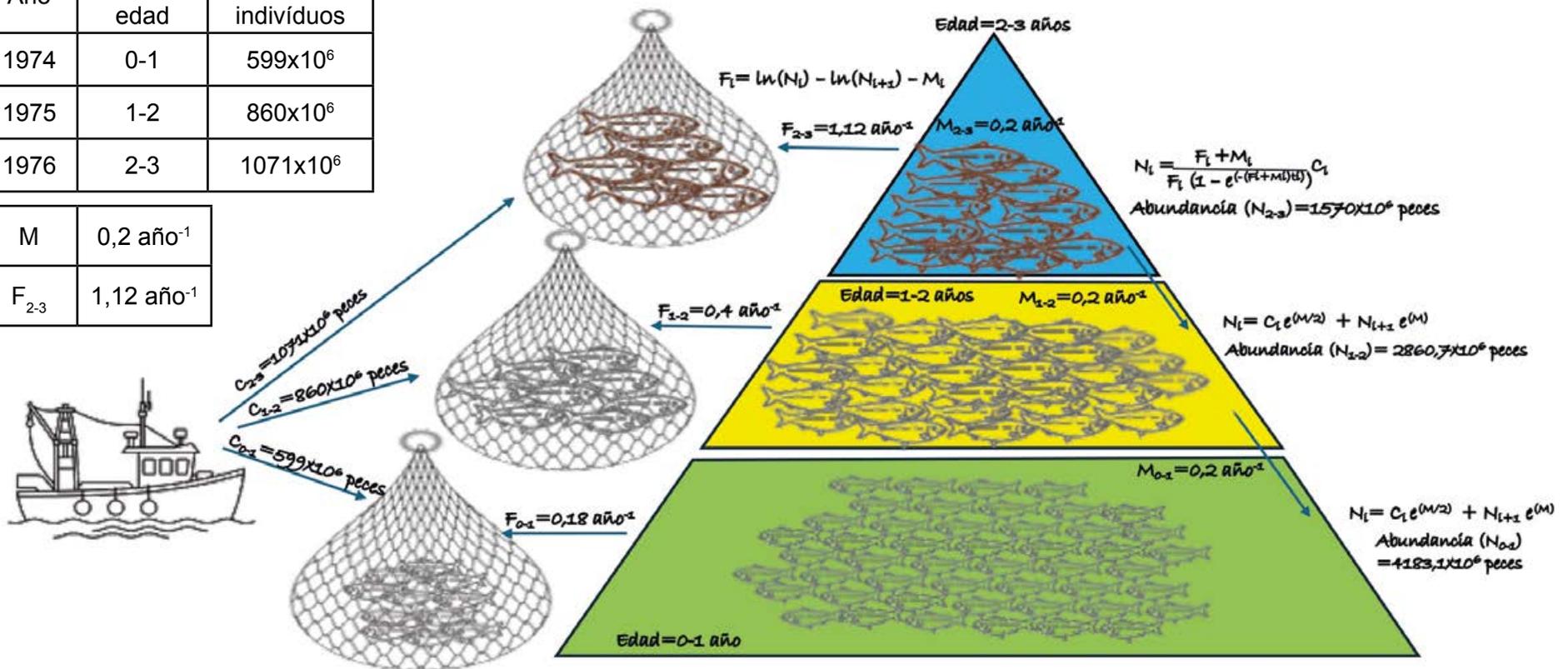
Un ejemplo de aplicación del APV, a datos ficticios correspondientes a una pesquería cualquiera. El modelo efectúa un retrocálculo de las abundancias y mortalidades por pesca, procediendo desde

las clases de edad mayores a las más jóvenes, estimado primero las abundancias y luego las mortalidades por pesca para cada clase de edad.

### Datos de partida

| Año  | Clase de edad | Número de individuos |
|------|---------------|----------------------|
| 1974 | 0-1           | $599 \times 10^6$    |
| 1975 | 1-2           | $860 \times 10^6$    |
| 1976 | 2-3           | $1071 \times 10^6$   |

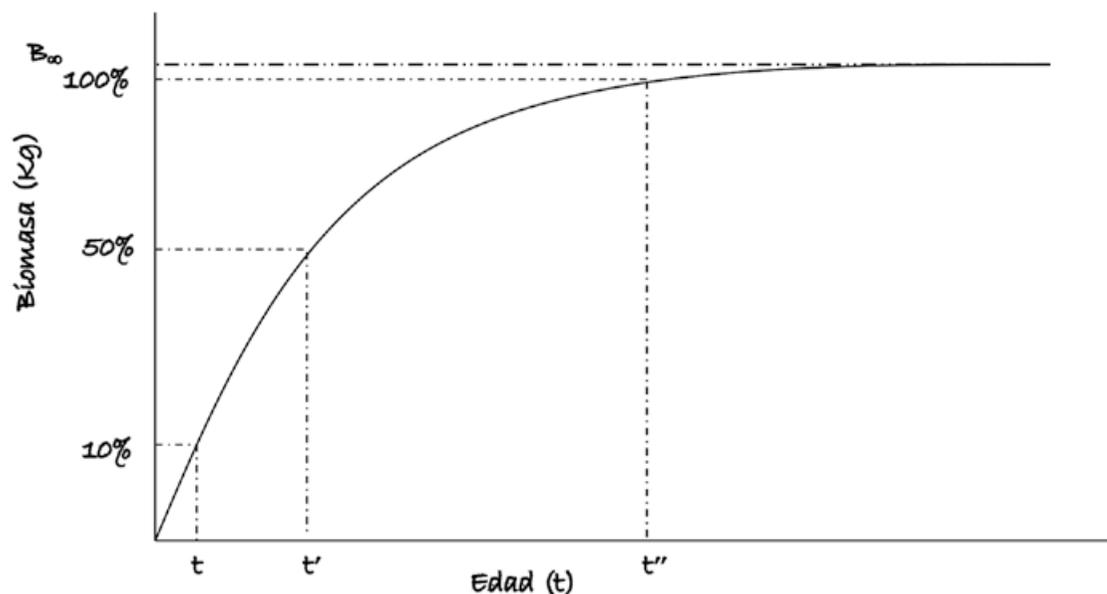
|           |                         |
|-----------|-------------------------|
| M         | $0,2 \text{ año}^{-1}$  |
| $F_{2-3}$ | $1,12 \text{ año}^{-1}$ |



# Los modelos de producción por recluta

Los modelos analíticos de Producción por Recluta son una aproximación ideada por los investigadores británicos Beverton y Holt (1957), de modo que se pudiesen conocer las ganancias y pérdidas que se pueden producir en una pesquería por un cambio en la estrategia de pesca, particularmente por modificaciones en la malla de las redes (que afectan a la talla de primera captura) y/o en el esfuerzo de pesca (o, lo que es lo mismo, en la mortalidad por pesca). Estos investigadores, en su formulación matemática, asumen que el reclutamiento, la mortalidad natural y el crecimiento

de los peces son independientes de la biomasa y de la estructura demográfica del stock, cuestiones que en realidad no ocurren en la naturaleza ya que dicha estructura (la predominancia o escases de ciertos grupos de edad) condiciona de manera significativa la capacidad reproductiva del stock y, por tanto, al reclutamiento y resto de parámetros indicados.



Beverton y Holt desarrollaron su modelo con el objetivo de evaluar cuanta biomasa, o producción, se puede obtener con una determinada estrategia de gestión pesquera de la máxima teórica ( $B_{\infty}$ ) que un individuo (recluta), o una cohorte, puede alcanzar a lo largo de su vida. Es decir, según la abertura de la malla de la red que se utilice se capturarán individuos de una determinada talla o edad ( $t$ ), que habrán alcanzado solo un porcentaje de la biomasa máxima que hubiesen alcanzado de haber completado su ciclo de vida. Así, la captura de peces de edad  $t$  solo proporcionará un 10% de  $B_{\infty}$ , porcentaje que aumenta al 50% si se capturan a la edad  $t'$ , o a casi el 100% a la edad  $t''$ .

Beverton y Holt tabularon los valores en porcentaje de producción (respecto al máximo teórico  $B^\infty$  que puede dar si se le deja completar su ciclo de vida) obtenidos por cada pez que se reclutaba anualmente a la pesquería (producción por recluta). Se calcula en función de los cambios en la talla de primera captura ( $l_c$ ), respecto a la talla máxima ( $l^\infty$ ) que este puede alcanzar  $c=l_c/l^\infty$ , y/o de los cambios en la mortalidad por pesca ( $F$ ) en relación con la mortalidad total ( $Z$ ), de modo que  $E=F/Z$ . Valores de  $E$  (eficiencia pesquera) superiores a 0,5 aumentan el riesgo de sobreexplotación del stock, al ser la  $F$  muy superior a la mortalidad natural ( $M$ ).

No olvidemos que existe una relación directa entre la  $F$  y el esfuerzo ( $F=qf$ ). Diferentes combinaciones de abertura de malla ( $c$ ) y de eficiencia pesquera ( $E$ ) pueden dar valores de producción por recluta

| E  | 0,05   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,10   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,15   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,20   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,25   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,30   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,35   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,40   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,45   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,50   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | E      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
|    | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   |        | 0,05   | 0,10   | 0,15   | 0,20   | 0,25   | 0,30   | 0,35   | 0,40   | 0,45   | 0,50   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
| 98 | 000970 | 001938 | 002904 | 003869 | 004833 | 005797 | 006761 | 007724 | 008687 | 009650 | 010612 | 011574 | 012536 | 013498 | 014460 | 015422 | 016384 | 017346 | 018308 | 019270 | 020232 | 021194 | 022156 | 023118 | 024080 | 025042 | 026004 | 026966 | 027928 | 028890 | 029852 | 030814 | 031776 | 032738 | 033700 | 034662 | 035624 | 036586 | 037548 | 038510 | 039472 | 040434 | 041396 | 042358 | 043320 | 044282 | 045244 | 046206 | 047168 | 048130 | 049092 | 050054 | 051016 | 051978 | 052940 | 053902 | 054864 | 055826 | 056788 | 057750 | 058712 | 059674 | 060636 | 061598 | 062560 | 063522 | 064484 | 065446 | 066408 | 067370 | 068332 | 069294 | 070256 | 071218 | 072180 | 073142 | 074104 | 075066 | 076028 | 076990 | 077952 | 078914 | 079876 | 080838 | 081800 | 082762 | 083724 | 084686 | 085648 | 086610 | 087572 | 088534 | 089496 | 090458 | 091420 | 092382 | 093344 | 094306 | 095268 | 096230 | 097192 | 098154 | 099116 | 100078 | 101040 | 102002 | 102964 | 103926 | 104888 | 105850 | 106812 | 107774 | 108736 | 109698 | 110660 | 111622 | 112584 | 113546 | 114508 | 115470 | 116432 | 117394 | 118356 | 119318 | 120280 | 121242 | 122204 | 123166 | 124128 | 125090 | 126052 | 127014 | 127976 | 128938 | 129900 | 130862 | 131824 | 132786 | 133748 | 134710 | 135672 | 136634 | 137596 | 138558 | 139520 | 140482 | 141444 | 142406 | 143368 | 144330 | 145292 | 146254 | 147216 | 148178 | 149140 | 150102 | 151064 | 152026 | 152988 | 153950 | 154912 | 155874 | 156836 | 157798 | 158760 | 159722 | 160684 | 161646 | 162608 | 163570 | 164532 | 165494 | 166456 | 167418 | 168380 | 169342 | 170304 | 171266 | 172228 | 173190 | 174152 | 175114 | 176076 | 177038 | 178000 | 178962 | 179924 | 180886 | 181848 | 182810 | 183772 | 184734 | 185696 | 186658 | 187620 | 188582 | 189544 | 190506 | 191468 | 192430 | 193392 | 194354 | 195316 | 196278 | 197240 | 198202 | 199164 | 200126 | 201088 | 202050 | 203012 | 203974 | 204936 | 205898 | 206860 | 207822 | 208784 | 209746 | 210708 | 211670 | 212632 | 213594 | 214556 | 215518 | 216480 | 217442 | 218404 | 219366 | 220328 | 221290 | 222252 | 223214 | 224176 | 225138 | 226100 | 227062 | 228024 | 228986 | 229948 | 230910 | 231872 | 232834 | 233796 | 234758 | 235720 | 236682 | 237644 | 238606 | 239568 | 240530 | 241492 | 242454 | 243416 | 244378 | 245340 | 246302 | 247264 | 248226 | 249188 | 250150 | 251112 | 252074 | 253036 | 253998 | 254960 | 255922 | 256884 | 257846 | 258808 | 259770 | 260732 | 261694 | 262656 | 263618 | 264580 | 265542 | 266504 | 267466 | 268428 | 269390 | 270352 | 271314 | 272276 | 273238 | 274200 | 275162 | 276124 | 277086 | 278048 | 279010 | 280000 | 281000 | 282000 | 283000 | 284000 | 285000 | 286000 | 287000 | 288000 | 289000 | 290000 | 291000 | 292000 | 293000 | 294000 | 295000 | 296000 | 297000 | 298000 | 299000 | 300000 | 301000 | 302000 | 303000 | 304000 | 305000 | 306000 | 307000 | 308000 | 309000 | 310000 | 311000 | 312000 | 313000 | 314000 | 315000 | 316000 | 317000 | 318000 | 319000 | 320000 | 321000 | 322000 | 323000 | 324000 | 325000 | 326000 | 327000 | 328000 | 329000 | 330000 | 331000 | 332000 | 333000 | 334000 | 335000 | 336000 | 337000 | 338000 | 339000 | 340000 | 341000 | 342000 | 343000 | 344000 | 345000 | 346000 | 347000 | 348000 | 349000 | 350000 | 351000 | 352000 | 353000 | 354000 | 355000 | 356000 | 357000 | 358000 | 359000 | 360000 | 361000 | 362000 | 363000 | 364000 | 365000 | 366000 | 367000 | 368000 | 369000 | 370000 | 371000 | 372000 | 373000 | 374000 | 375000 | 376000 | 377000 | 378000 | 379000 | 380000 | 381000 | 382000 | 383000 | 384000 | 385000 | 386000 | 387000 | 388000 | 389000 | 390000 | 391000 | 392000 | 393000 | 394000 | 395000 | 396000 | 397000 | 398000 | 399000 | 400000 | 401000 | 402000 | 403000 | 404000 | 405000 | 406000 | 407000 | 408000 | 409000 | 410000 | 411000 | 412000 | 413000 | 414000 | 415000 | 416000 | 417000 | 418000 | 419000 | 420000 | 421000 | 422000 | 423000 | 424000 | 425000 | 426000 | 427000 | 428000 | 429000 | 430000 | 431000 | 432000 | 433000 | 434000 | 435000 | 436000 | 437000 | 438000 | 439000 | 440000 | 441000 | 442000 | 443000 | 444000 | 445000 | 446000 | 447000 | 448000 | 449000 | 450000 | 451000 | 452000 | 453000 | 454000 | 455000 | 456000 | 457000 | 458000 | 459000 | 460000 | 461000 | 462000 | 463000 | 464000 | 465000 | 466000 | 467000 | 468000 | 469000 | 470000 | 471000 | 472000 | 473000 | 474000 | 475000 | 476000 | 477000 | 478000 | 479000 | 480000 | 481000 | 482000 | 483000 | 484000 | 485000 | 486000 | 487000 | 488000 | 489000 | 490000 | 491000 | 492000 | 493000 | 494000 | 495000 | 496000 | 497000 | 498000 | 499000 | 500000 | 501000 | 502000 | 503000 | 504000 | 505000 | 506000 | 507000 | 508000 | 509000 | 510000 | 511000 | 512000 | 513000 | 514000 | 515000 | 516000 | 517000 | 518000 | 519000 | 520000 | 521000 | 522000 | 523000 | 524000 | 525000 | 526000 | 527000 | 528000 | 529000 | 530000 | 531000 | 532000 | 533000 | 534000 | 535000 | 536000 | 537000 | 538000 | 539000 | 540000 | 541000 | 542000 | 543000 | 544000 | 545000 | 546000 | 547000 | 548000 | 549000 | 550000 | 551000 | 552000 | 553000 | 554000 | 555000 | 556000 | 557000 | 558000 | 559000 | 560000 | 561000 | 562000 | 563000 | 564000 | 565000 | 566000 | 567000 | 568000 | 569000 | 570000 | 571000 | 572000 | 573000 | 574000 | 575000 | 576000 | 577000 | 578000 | 579000 | 580000 | 581000 | 582000 | 583000 | 584000 | 585000 | 586000 | 587000 | 588000 | 589000 | 590000 | 591000 | 592000 | 593000 | 594000 | 595000 | 596000 | 597000 | 598000 | 599000 | 600000 | 601000 | 602000 | 603000 | 604000 | 605000 | 606000 | 607000 | 608000 | 609000 | 610000 | 611000 | 612000 | 613000 | 614000 | 615000 | 616000 | 617000 | 618000 | 619000 | 620000 | 621000 | 622000 | 623000 | 624000 | 625000 | 626000 | 627000 | 628000 | 629000 | 630000 | 631000 | 632000 | 633000 | 634000 | 635000 | 636000 | 637000 | 638000 | 639000 | 640000 | 641000 | 642000 | 643000 | 644000 | 645000 | 646000 | 647000 | 648000 | 649000 | 650000 | 651000 | 652000 | 653000 | 654000 | 655000 | 656000 | 657000 | 658000 | 659000 | 660000 | 661000 | 662000 | 663000 | 664000 | 665000 | 666000 | 667000 | 668000 | 669000 | 670000 | 671000 | 672000 | 673000 | 674000 | 675000 | 676000 | 677000 | 678000 | 679000 | 680000 | 681000 | 682000 | 683000 | 684000 | 685000 | 686000 | 687000 | 688000 | 689000 | 690000 | 691000 | 692000 | 693000 | 694000 | 695000 | 696000 | 697000 | 698000 | 699000 | 700000 | 701000 | 702000 | 703000 | 704000 | 705000 | 706000 | 707000 | 708000 | 709000 | 710000 | 711000 | 712000 | 713000 | 714000 | 715000 | 716000 | 717000 | 718000 | 719000 | 720000 | 721000 | 722000 | 723000 | 724000 | 725000 | 726000 | 727000 | 728000 | 729000 | 730000 | 731000 | 732000 | 733000 | 734000 | 735000 | 736000 | 737000 | 738000 | 739000 | 740000 | 741000 | 742000 | 743000 | 744000 | 745000 | 746000 | 747000 | 748000 | 749000 | 750000 | 751000 | 752000 | 753000 | 754000 | 755000 | 756000 | 757000 | 758000 | 759000 | 760000 | 761000 | 762000 | 763000 | 764000 | 765000 | 766000 | 767000 | 768000 | 769000 | 770000 | 771000 | 772000 | 773000 | 774000 | 775000 | 776000 | 777000 | 778000 | 779000 | 780000 | 781000 | 782000 | 783000 | 784000 | 785000 | 786000 | 787000 | 788000 | 789000 | 790000 | 791000 | 792000 | 793000 | 794000 | 795000 | 796000 | 797000 | 798000 | 799000 | 800000 | 801000 | 802000 | 803000 | 804000 | 805000 | 806000 | 807000 | 808000 | 809000 | 810000 | 811000 | 812000 | 813000 | 814000 | 815000 | 816000 | 817000 | 818000 | 819000 | 820000 | 821000 | 822000 | 823000 | 824000 | 825000 | 826000 | 827000 | 828000 | 829000 | 830000 | 831000 | 832000 | 833000 | 834000 | 835000 | 836000 | 837000 | 838000 | 839000 | 840000 | 841000 | 842000 | 843000 | 844000 | 845000 | 846000 | 847000 | 848000 | 849000 | 850000 | 851000 | 852000 | 853000 | 854000 | 855000 | 856000 | 857000 | 858000 | 859000 | 860000 | 861000 | 862000 | 863000 | 864000 | 865000 | 866000 | 867000 | 868000 | 869000 | 870000 | 871000 | 872000 | 873000 | 874000 | 875000 | 876000 | 877000 | 878000 | 879000 | 880000 | 881000 | 882000 | 883000 | 884000 | 885000 | 886000 | 887000 | 888000 | 889000 |  |

## Los modelos de pesquerías pobres en datos

La escasez de datos para estimar puntos de referencia apropiados (e.g. RMS) y el estado de los stocks, es un problema inherente a muchas pesquerías de todo el mundo. Pueden ser pesquerías pobres en datos: las (i) pesquerías artesanales multiartes orientadas a la captura de múltiples especies, (ii) las pesquerías recreativas, (iii) las pesquerías recientes a gran escala y donde es escasa la investigación, pero también (iv) pesquerías industriales cuyos datos son de poca calidad o no fiables. Existen muchas aproximaciones al estudio de estas pesquerías donde la información es deficiente o muy incierta. Aunque muchos de los métodos de evaluación se concentran en la estimación del estado de los recursos biológicos, también se detallan los métodos para comprender los factores económicos. La mayoría de estos modelos se basan en encuestas, intentando aprovechar la experiencia y conocimiento tradicionales

que los actores directos (pescadores y otros usuarios de mar) acumulan sobre el desarrollo y evolución de la pesca, y de las especies objetivo a lo largo del tiempo durante el que han desarrollado su actividad profesional.

Estas aproximaciones intentan estimar la captura por unidad de pesca y jornada de pesca, a partir de las entrevistas a pescadores. Esta información también permite conocer los valores de máxima y mínima captura por jornada, cuando se inicia la temporada de pesca cada año, cual es su duración y en que meses se han obtenido la máxima y mínima captura en las últimas temporadas. Con esta información se puede obtener una aproximación sobre las tendencias que muestra la pesquería y las poblaciones de peces objeto de la pesca.

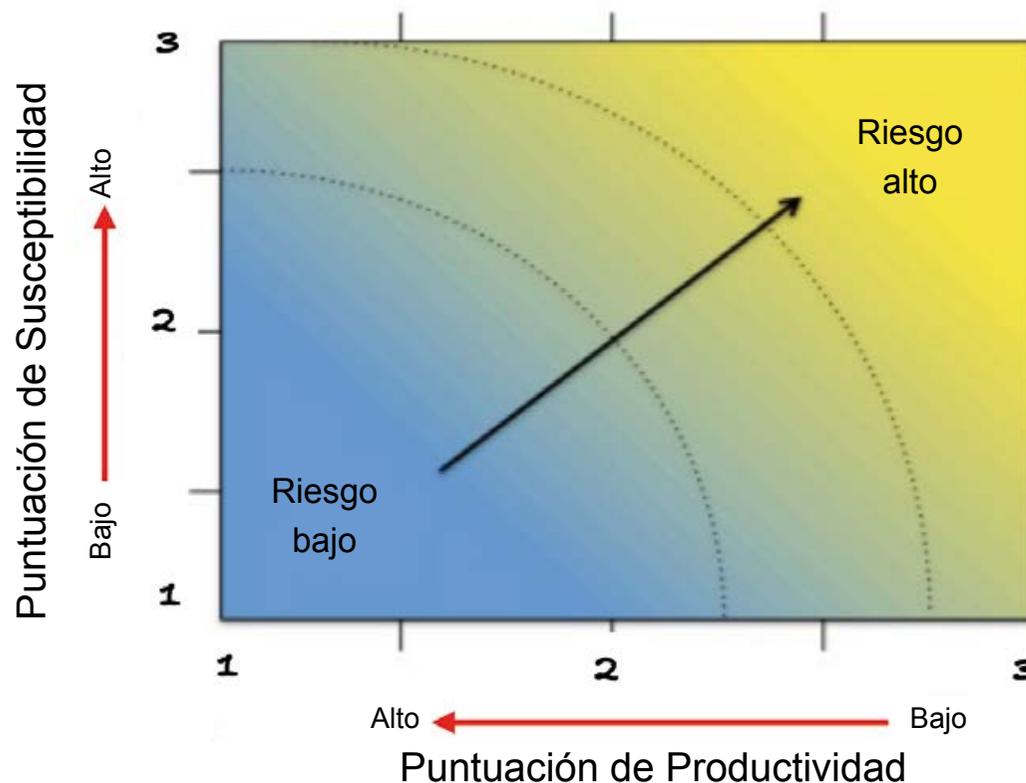
## Análisis de productividad y vulnerabilidad- PSA

El análisis de productividad y vulnerabilidad o susceptibilidad (PSA en sus siglas en inglés) valora qué probabilidades hay de que una población de peces pueda recuperarse una vez ha sido agotada,

y qué probabilidades hay de que las demás especies sean capaces de interactuar con el arte de pesca utilizado y corran la misma suerte.

El PSA es un método para evaluar la vulnerabilidad de un stock a una pesquería, utilizando un conjunto de atributos predeterminados medibles y puntuables. La vulnerabilidad de la especie depende de la capacidad que tiene para generar biomasa (productividad) según las características de su ciclo vital (fertilidad, crecimiento, etc.) lo que le permiten, o no, sostenerse o recuperarse de los impactos producidos por la pesca (vulnerabilidad). El PSA ayuda a priorizar las medidas de gestión según la vulnerabilidad frente a la pesca y la falta de información detectada, pero no da información exacta del estado en el que se encuentra un stock.

Los atributos más comúnmente evaluados incluyen la tasa de mortalidad natural, la edad de madurez y la superposición geográfica de la actividad pesquera con el rango de distribución de la especie. Diferentes métodos de PSA pueden tener diferentes conjuntos de atributos puntuables.



Un gráfico PSA describe la vulnerabilidad relativa acorde a las puntuaciones de productividad (eje x) y susceptibilidad (eje y). El rango de valores es de 1 a 3 para alta a baja productividad, y 1 a 3 para baja a alta susceptibilidad, respectivamente.

## Las redes tróficas

Una comunidad, es un conjunto de poblaciones de especies que ocurren juntas en el espacio y en el tiempo, interaccionando de múltiples formas, directa o indirectamente. Las interacciones biológicas pueden ser intraespecíficas (con individuos de su misma especie) o interespecíficas (con otras especies), y su naturaleza puede depender de la diversidad de otros organismos, la estructura física del hábitat, las condiciones abióticas y la talla o fase de desarrollo de los individuos. Estas interacciones pueden ser por predación (alimentarse tanto de organismos vivos como de detrito producido por organismos vivos, incluyendo el canibalismo), competición (por explotación o por exclusión), patógenos, mutualismo (dos o más especies se benefician mutuamente) y comensalismo (relación simbiótica entre dos especies en la que solo una de ellas obtiene beneficio de la relación, mientras que la otra ni se beneficia ni se perjudica).

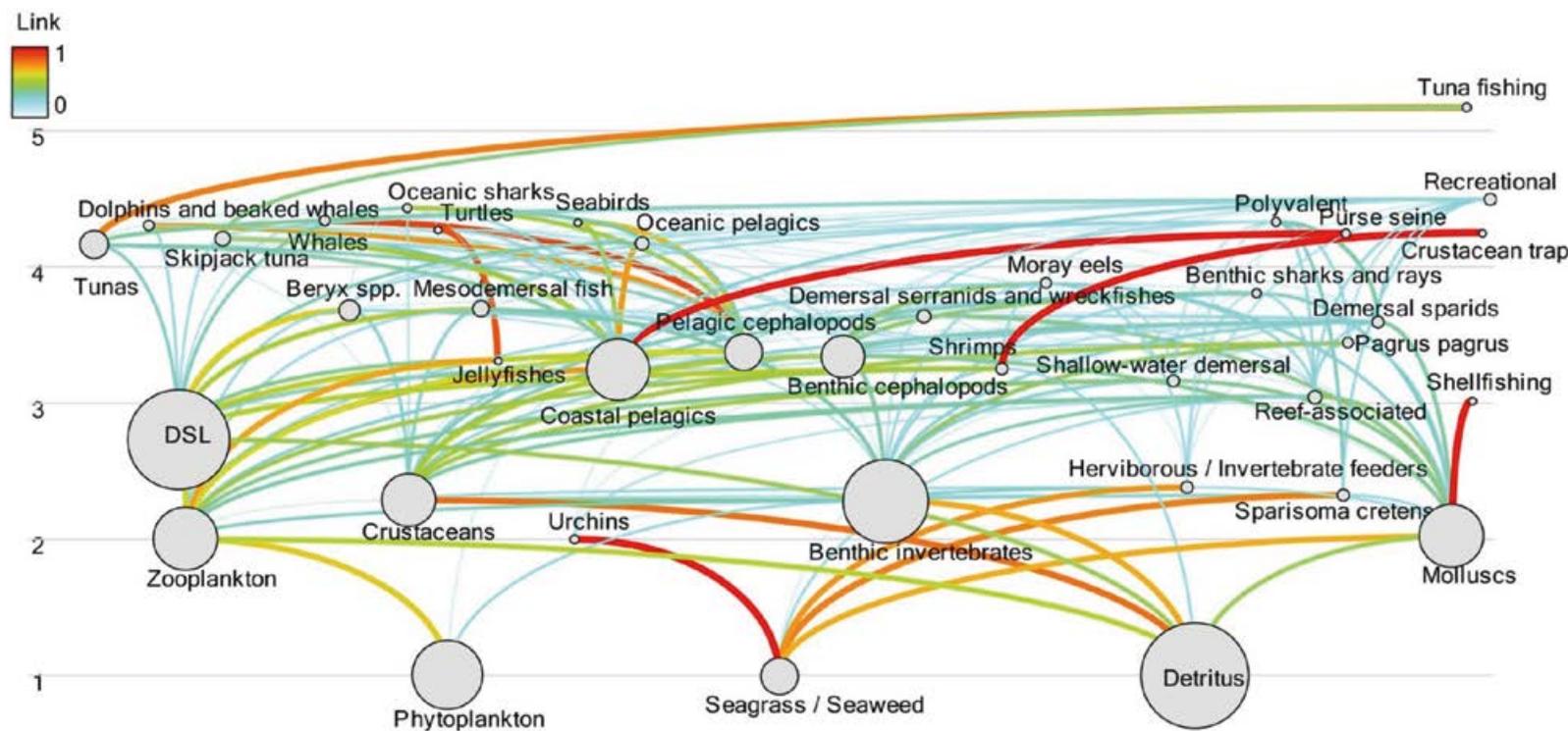
Los niveles tróficos no pueden ser definidos claramente en el mar, ya que la mayoría de las especies presentan dietas mixtas (eurifagia), cuya composición depende de las abundancias relativas de presas potenciales. Los predadores cambian sus presas preferidas a medida que crecen (cambios ontogenéticos), cambian de habitat, disponibilidad estacional, ciclos lunares o por selección activa.



Mosaico romano de Pompeya (Museo de Nápoles).

El concepto de organización del ecosistema está construido sobre niveles tróficos. Cada nivel trófico abarca a los organismos que se alimentan de un mismo tipo de elemento. El nivel trófico I está formado por los organismos fotosintéticos (algunos autores incluyen

también al detrito dentro de este nivel), los consumidores primarios conforman el nivel II, mientras que los peces que predan sobre estos últimos ocupan el nivel trófico III (consumidores secundarios). Los grandes carnívoros ocupan el nivel trófico IV.

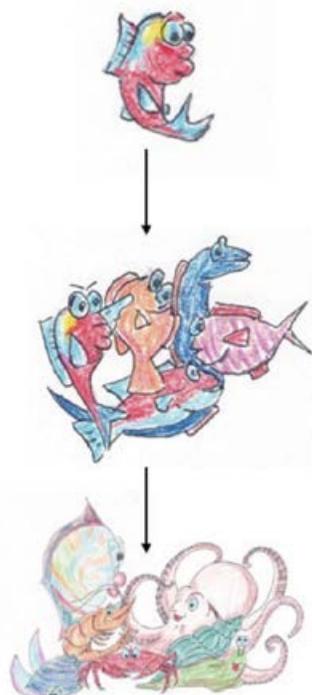


Red trófica del ecosistema insular de la isla de Gran Canaria, creado con el software Ecopath con Ecosim. En el se incluye las diferentes modalidades de pesca como partes del ecosistema y, obviamente, la pesca actúa como un superpredador, ocupando el nivel más alto de la red.

# Modelos de evaluación de ecosistemas

Los modelos de ecosistemas marinos son herramientas que ayudan a comprender y evaluar el estado de las comunidades biológicas, su funcionamiento y la influencia de factores externos como la pesca o el cambio climático. Estos modelos pueden ser de diferentes tipos, desde modelos simplificados que representan la estructura y dinámica de un ecosistema, hasta modelos más complejos que ayudan a simular, en el tiempo y en el espacio, la evolución

del ecosistema y sus componentes ante diferentes escenarios de gestión o ambientales, como cambios en las estrategias de pesca, la incorporación de reservas marinas, olas de calor, etc. Los resultados de estas simulaciones ofrecen información valiosa para la gestión y toma de decisiones orientadas a la conservación de los ecosistemas marinos.



Modelos monoespecíficos extendidos que incluyen interacciones interespecíficas adicionales.

Modelos Mínimos Realistas (MMR) son enfoques simplificados que capturan los procesos esenciales de un sistema ecológico.

Modelado de la Red Trófica representan las interacciones alimentarias dentro de un ecosistema, mostrando cómo la energía fluye entre diferentes especies.

Modelado de ecosistemas permiten comprender las interacciones y los cambios en los sistemas naturales a lo largo del tiempo.

Modelado de extremo a extremo (E2E) representan sistemas ecológicos completos, desde el entorno abiótico hasta los niveles tróficos más altos, incluyendo la pesca, integrando procesos físicos y biológicos en diferentes escalas.



## Economía pesquera

A diferencia de los recursos naturales terrestres, los peces y resto de recursos biológicos marinos se consideran que son de “propiedad común” y de “libre acceso”. Es decir, los peces no tienen propietario hasta que han sido pescados y, salvo por restricciones reguladoras, cualquiera puede acceder a su captura. Y es esta falta de definición en la propiedad la causa de lo que se conoce como “Tragedia de los Comunes” (Hardin, 1968) que lleva a la sobreexplotación de los recursos compartidos. No hay que olvidar



que la regulación pesquera, además de perseguir la conservación biológica de recursos y ecosistemas marinos, debe evitar las ineficiencias económicas asociadas a la sobreinversión en flota y procesamiento de los productos pesqueros, muy común en pesquerías comerciales.

Los modelos bioeconómicos aplicados a pesquerías surgieron en la segunda mitad del siglo XX, en un contexto donde la pesca comenzaba a experimentar avances tecnológicos aumentando así su capacidad extractiva, pero sin regulaciones claras que limitaran el acceso ni la explotación de los recursos.

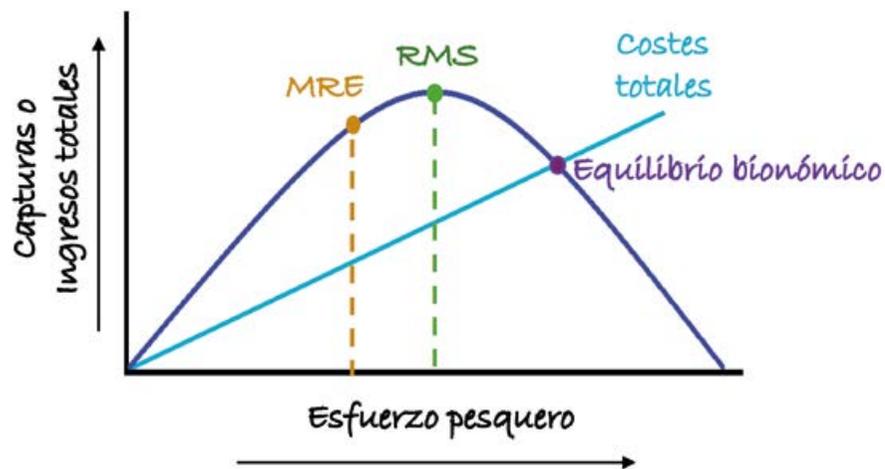
El propósito fundamental de estos modelos bioeconómicos fue entender cómo el libre acceso provoca que el esfuerzo pesquero se incremente hasta un punto donde los beneficios económicos se disipan, llevando a un equilibrio donde los ingresos igualan los costos, pero la rentabilidad es nula y la presión sobre el recurso muy alta. Este equilibrio suele estar asociado a una pesca excesiva, mucho mayor que la social o económicamente óptima. Así, estos modelos sirvieron para mostrar que la ausencia de derechos de propiedad o limitaciones en el acceso al recurso lleva a eficiencias económicas bajas y riesgos ecológicos importantes.

Pioneros como Gordon (1954) y Schaefer formalizaron la interacción entre la dinámica biológica de los stocks pesqueros y la actividad económica pesquera, tal y como se muestra en la figura más abajo. La parte biológica se basa en la capacidad del recurso para renovarse, modelada mediante una curva parabólica (en azul marino) que muestra la relación entre el esfuerzo de pesca y la captura total. A medida que aumenta el esfuerzo, la captura crece hasta el punto de Rendimiento Máximo Sostenible (RMS). El modelo añade la perspectiva económica, incorporando los costes totales (línea en celeste) asociados al esfuerzo pesquero (gastos en barcos, combustible, trabajo, etc.) y los ingresos por la venta de

las capturas. El punto de máxima rentabilidad económica (MRE) no coincide con el RMS. En cambio, existe un Máximo Rendimiento Económico (MRE), que ocurre con un esfuerzo menor que el RMS y maximiza el beneficio neto, es decir, la diferencia entre ingresos y costes totales.

El punto de equilibrio bionómico, es el nivel de esfuerzo donde los ingresos generados por la pesca igualan a los costes totales, de modo que no quedan ganancias económicas. En esta situación, la flota sigue operando porque no hay incentivo para retirarse o invertir menos esfuerzo, pero no es rentable para los pescadores. De hecho, el equilibrio bionómico suele encontrarse a un esfuerzo mayor que el MRE, reflejando los incentivos para continuar pescando incluso cuando no hay beneficios económicos claros, contribuyendo a la sobreexplotación.

Las externalidades pesqueras son los efectos indirectos e involuntarios que genera la pesca sobre terceros, el ecosistema o la sociedad en general, y que no se reflejan en los costos privados que asume el pescador. Estas externalidades suelen ser negativas y se manifiestan en diversas formas, afectando más allá del pescador que las provoca.



La sobrepesca es un ejemplo claro de externalidad negativa, pues no solo reduce la cantidad de peces disponibles para su captura inmediata, sino que pone en riesgo la salud y recuperación de la población para las futuras generaciones, comprometiendo la sostenibilidad del recurso. El esfuerzo pesquero excesivo o el uso indiscriminado de determinados artes de pesca pueden degradar el ecosistema, dañando hábitats marinos esenciales y reduciendo la biodiversidad asociada. Estos daños no quedan reflejados en los costos que enfrenta el pescador, sino que recaen sobre el medio ambiente y la sociedad en su conjunto. Además, las externalidades también tienen impactos económicos y sociales, como los conflictos que surgen cuando varios pescadores o comunidades compiten por un recurso limitado, lo que puede generar pérdidas económicas y tensiones sociales.

Los modelos bioeconómicos sirven para incorporar estos costos ocultos y externos, ayudando a captar el costo social total de la pesca y a diseñar políticas de gestión como cuotas, límites de esfuerzo y áreas protegidas que internalicen estas externalidades, promoviendo una pesca sostenible desde el punto de vista biológico y económico. Así, permiten alinear las decisiones privadas con el interés público, equilibrando la conservación del ecosistema marino, la viabilidad económica del sector y la reducción de efectos negativos.



# Sobrepesca y Cambio Climático

Se trata de una transformación significativa y duradera del clima del planeta. Aunque la Tierra siempre ha tenido cambios naturales en su clima, cuando hablamos de cambio climático nos referimos sobre todo al calentamiento global causado por la actividad humana. El mar es uno de los grandes amortiguadores del planeta, ya que absorbe gran parte del calor y del dióxido de carbono generado. Consecuencia de ello, las aguas del océano, especialmente en superficie, están aumentando su temperatura, y esto afecta directamente al metabolismo, comportamiento y la distribución de muchas especies marinas. Muchos peces y otros organismos marinos son muy sensibles a la temperatura, por lo que el calentamiento les obliga a migrar hacia otras zonas o hacia aguas más profundas buscando condiciones más favorables. Otras, directamente, no sobreviven a los cambios al afectar estos a su fisiología, a su capacidad reproductiva o a la de sus presas. Además, el agua caliente contiene menos oxígeno y eso hace que la vida marina sea más difícil.

Además, al absorber el exceso de dióxido de carbono, el océano se vuelve más ácido. Esto afecta especialmente a organismos con caparzones o estructuras calcáreas, como mejillones, almejas,

erizos o incluso los huevos y larvas de algunos peces. Una mayor acidez debilita estas estructuras y pone en peligro las primeras etapas de vida de muchas especies clave en la cadena alimentaria. Por otro lado, la sobrepesca y la captura selectiva de los ejemplares de mayor talla, ha forzado una inesperada evolución acelerada de las especies, lo que posiblemente ha provocado una disminución de sus acervos genéticos y mermado con ello su capacidad de adaptación a las nuevas exigencias del clima. Por tanto, el cambio climático complica la gestión pesquera al producirse modificaciones en los patrones de distribución de las especies, modificarse la composición de especies (por desaparición de algunas y la llegada de otras de carácter más tropical) y aumentar la incertidumbre de las predicciones y de muchas medidas de gestión, pensadas para un “mar del pasado” que ya no se ajustan a la nueva realidad. Por eso, es fundamental incorporar estos cambios en la gestión de los recursos marinos.

## Ordenación y gestión pesquera

La ordenación pesquera y la gestión pesquera son conceptos interrelacionados, pero con enfoques ligeramente diferentes. La gestión pesquera está más relacionada con el sistema de gobernanza, con el proceso sociológico que se establece para la toma de decisiones. Según Cochrane y Garcia (2009), la gestión pesquera es el proceso que tiene por objetivo asegurar que las pesquerías operan en una forma que no sólo da beneficios inmediatos, sino que también busca que no se produzcan daños excesivos o irreversibles a los stocks explotados o a la diversidad, e integridad y estructuras de los ecosistemas, de modo que los stocks y ecosistemas continúen suministrando el rango completo de beneficios. Básicamente es la gestión de las personas y sus acciones para compatibilizarlas con la sostenibilidad de los recursos. Sin embargo, la ordenación pesquera es el conjunto de medidas técnicas que se adoptan para regular una pesquería, que incluye la planificación y el establecimiento de reglas (leyes) y objetivos a largo plazo para la actividad pesquera, a menudo con un componente internacional y de cooperación entre estados.

Las medidas de ordenación pesquera se orientan fundamentalmente en dos direcciones: aquellas que afectan al tamaño o edad de primera captura y los que se orientan a regular el esfuerzo de

pesca ejercido. Entre las primeras están el establecimiento de tallas mínimas de captura, las vedas zonales o temporales que restringen la pesca en áreas de cría o durante el periodo reproductor de las especies, los límites en la proporción de individuos inmaduros (juveniles) que pueden entrar en las capturas, o la modificación del tamaño de las mallas de las redes para aumentar su selectividad. En cambio, entre las que afectan al esfuerzo están los límites al crecimiento de la flota, restricciones de acceso a los caladeros, límites en el poder de pesca (eslora, TRB, potencia de los motores o tamaño y número de artes utilizables), límites en las áreas de pesca o control del tiempo de pesca (vedas temporales o límites horarios diarios), así como el establecimiento de TACs (cuotas de captura permitidas).

Un concepto importante para la adecuada gestión pesquera es lo que se conoce como “aproximación ecosistémica de las pesquerías”, cuyo objetivo es equilibrar los efectos de la acción humana sobre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema y sus interacciones, integrando además los factores sociales y económicos en una estrategia con el objetivo de proteger y mejorar la sostenibilidad, la diversidad y la productividad de los recursos naturales.

Por otra parte, al considerar la incertidumbre que rodea la gestión pesquera en la mayoría de las ocasiones, es importante tener en cuenta el Principio de Precaución (FAO, 1995. Acuerdo de la Conferencia de la ONU sobre stocks de peces transzonales y migratorios), que asume el carácter perjudicial de las acciones humanas sobre el medio mientras no se demuestre lo contrario. Esto implica la consideración de las necesidades de las generaciones venideras, evitando las acciones que puedan generar cambios irreversibles. En este contexto de precaución, la gestión pesquera debe tener en cuenta los siguientes criterios: (1) la biomasa reproductora debe mantenerse por encima del 50% de la biomasa que correspondería al stock sin explotar, (2) la mortalidad por pesca debe mantenerse baja, por debajo de la mortalidad natural, (3) debe evitarse la pesca intensiva de individuos inmaduros y (4) deben protegerse los hábitats. A este conjunto de criterios precautorio también habría que añadir la aplicación de la L95 con el objetivo de evitar la sobrepesca genética.



## Gestión Pesquera y Sociología

La Sociología, es la ciencia que analiza como los individuos y grupos interactúan entre sí, siendo uno de los pilares más importantes, no solo de la gestión pesquera, sino también de la gobernanza. Debemos recordar que la gestión pesquera organiza y regula el uso de los recursos marinos para que como ya hemos dicho, la pesca sea rentable y sostenible a largo plazo. Para alcanzar este objetivo no debemos limitarnos a que la Gestión Pesquera sea un proceso estrictamente basado en cuantos peces hay y cuantos



podemos pescar, sino que debemos también atender a aspectos sociales como la cultura, la economía local, las tradiciones o las interacciones sociales de las comunidades costeras.

Factores como el poder acceder al recurso pesquero, los propios conflictos entre pescadores o las normas que regulan la actividad pesquera suelen ser tan determinantes como los datos científicos a la hora de toma de decisiones. La sociología (ciencia que estudia la sociedad humana, sus estructuras, relaciones) ayuda a entender por qué la regulación pesquera o las recomendaciones no son aceptadas por el sector o las comunidades costeras, ya que en ocasiones van en contra de las dinámicas sociales preexistentes, intereses de ciertos grupos de presión o la existencia de tradiciones muy arraigadas.

La sociología reconoce el papel fundamental de los pescadores en el éxito o fracaso de las estrategias de conservación o de ordenación pesquera. Sin un enfoque integral y participativo, en el que las comunidades costeras tengan voz y las regulaciones estén basadas en propuestas de “abajo hacia arriba”, toda regulación corre el riesgo de no tener éxito al no sentirse las comunidades parte del sistema.

# Gobernanza y Cogobernanza

La gobernanza pesquera se define como el conjunto de relaciones o acuerdos dirigidos a resolver problemas sociales en la gestión de los recursos pesqueros. Su finalidad se centra en asegurar que las actividades pesqueras sean económicamente rentables y que no causen grandes daños, o daños irreversibles, tanto a las poblaciones de peces como a la biodiversidad o salud de los ecosistemas.

Durante décadas la gobernanza pesquera se ha basado en estrategias centralizadas en el gobierno, donde el Estado establece las reglas, así como el control y regulación de las actividades pesqueras, en un modelo “de arriba hacia abajo”. El Estado regula y el pescador debe cumplir la norma, aunque esta, en su opinión, pueda carecer de los necesarios fundamentos de su experiencia en muchas ocasiones. Si bien ha permitido cierto orden durante años, este modelo de gobernanza vertical ignora aspectos clave como la complejidad social y ecológica de la pesca, la incertidumbre de los datos o el dinamismo y cambios que sufren las poblaciones de peces y los ecosistemas, y la capacidad que estos tienen para adaptarse. Con el tiempo, se ha comprendido que la



gestión pesquera no solo es un tema de cálculo de cuantos peces hay en el mar y, por ende, de como repartirlos, sino que es un sistema mucho más complejo condicionado por las interacciones entre las personas y la naturaleza. La gestión ideal debe integrar los conocimientos científicos, los económicos, los legales y los sociales, ya que, como decía Berkes (2009), la gestión pesquera es en realidad un problema de gestión de personas.

Hasta la década de 1980, el sistema que imperaba era que los pescadores carecían de capacidad de autorregularse, por lo que el Estado regulaba la pesca, con un modelo donde la sobreexplotación era inevitable. Sin embargo, en 1989, gracias al Banco Mundial, se empezó a tener una nueva visión de gestión bajo el principio de “buena gobernanza”, donde se proponían modelos más flexibles y participativos. Este es el momento en el que surge el término de cogobernanza (o cogestión), donde la toma de decisiones para resolver conflictos de la pesca se basa en las cooperaciones entre distintos grupos de interés, como son los pescadores, científicos, otros actores relacionados con el sector y la sociedad civil.

Este modelo de cogobernanza reconoce el papel central de los pescadores como parte fundamental en la búsqueda de soluciones. Se ha demostrado que pueden aportar visiones exitosas para una gestión sostenible de los recursos. La cogestión permite que los usuarios participen, consulten y decidan que estrategias de regulación o protección son las mejores, con el objetivo de alcanzar un desarrollo económico compatible con la conservación del entorno marino.

A pesar de las ventajas descritas, no es un modelo ni una tarea tan sencilla. Los desafíos logísticos, legales y de participación, sobre todo cuando existen numerosos actores involucrados en la pesca, hacen que sea una tarea ardua. En España la cogestión ha tardado en trasladarse de la teoría a la práctica, pero ya tenemos casos de éxito como el de las mariscadoras gallegas o el recientemente adoptado modelo de cogestión pesquera de Cataluña (Diari oficial de la Generalitat de Catalunya, Decreto 118/2018), donde la administración, los pescadores, la ciencia y la sociedad civil gestionan los recursos en estrecha colaboración.

## Áreas marinas protegidas

Un área marina protegida o AMP es cualquier espacio marino con estatus de protección legal que limita los usos en su interior, aunque no todas tienen el mismo nivel de protección y restringen los mismos usos. En general, los objetivos de las AMP son conservar las especies, hábitat y ecosistemas singulares, proteger los stocks reproductores y permitir, a partir de estas áreas protegidas, recuperar los stocks explotados y las capturas comerciales en el entorno próximo. En 2022, las reservas marinas representaban solo el 6,6% del total de la superficie de océano (23.936.927 km<sup>2</sup>, pero solo el 2,9% está completa o altamente protegida y el 3,7% tiene una protección menor o desconocida). Únicamente el 0,8% son zonas oceánicas.

Las AMP se utilizan cada vez más como una herramienta principal para conservar la biodiversidad. No obstante, según Dureuil et al (2018) en el 59% de las 727 AMP europeas se realiza pesca comercial con arrastre, y la intensidad promedio del arrastre a través de las AMP es al menos 1,4 veces mayor que en las áreas no protegidas. No hay que olvidar que las reservas marinas de interés pesquero, la figura legal que otorga mayor nivel de protección en España (con la excepción de los escasos parques nacionales marinos), no están orientadas a eliminar la pesca en su interior (salvo

en sus reducidas áreas integrales donde no está permitida), por lo que paradójicamente la pesca está regulada en su forma de ejecución (se puede realizar con artes tradicionales) pero no tiene limitación en los niveles de capturas que se pueden extraer. Otro peligro de las AMP es que generan una falsa sensación de seguridad en la gestión pesquera, derivándose la mayor parte del esfuerzo de



gestión, vigilancia e investigación a las áreas protegidas en detrimento del resto del caladero. Lo cual convierte a estas importantes herramientas de gestión en muy controvertidas entre los pescadores y otros usuarios, y, en el mejor de los casos, en simplemente inútiles para alcanzar el objetivo para el que se crearon (conservar y regenerar los stocks).

Las Áreas Marinas Protegidas (AMP) se crean con el objetivo de aumentar la cantidad de peces reproductores y, a partir de ahí ayudar a regenerar las zonas explotadas cercanas mediante la exportación de biomasa nueva que se genere. Sin embargo, para que esto funcione, las reservas deben ser lo suficientemente grandes para proteger a las especies durante todas las etapas de su ciclo de vida. Aunque este enfoque puede ser efectivo para proteger especies que viven en el fondo marino en un área específica y no tanto a las pelágicas de carácter migrador, la mayoría de los peces tienen fases larvarias que se dispersan ampliamente. Por eso, es importante establecer redes de reservas, que protejan a estas especies con dispersión larvaria, pero estas reservas deben estar lo suficientemente cerca unas de otras para que las poblaciones puedan interactuar y dispersarse entre ellas.

Por otra parte, los arrecifes artificiales también pueden contribuir a la recuperación de los recursos de interés pesquero a través de la instalación de sustratos que sirvan de refugio y permitan un aumento de la supervivencia y del reclutamiento de las especies. No obstante, los arrecifes, al instalarse sobre arenas o zonas con escasos refugios naturales, actúan como zonas donde se agrega y concentra la biomasa de peces de toda el área que los circunda, principalmente durante las horas diurnas (durante la noche la mayoría de los peces abandonan el refugio que les proporciona el arrecife). Actúan de forma similar a como lo hacen los dispositivos de agregación de peces (conocidos como FADs) muy utilizados en las pesquerías de atunes.

Debido a este efecto agregador, tanto de peces como de pescadores, es necesario que las áreas arrecifales se encuentren protegidas de la actividad extractiva, en sus diversas variantes. Cuando esto no sucede, esta estrategia puede dar lugar a muchos problemas, acentuando la sobreexplotación.

# Bibliografía

- Alverson, D.L.; Freeberg, M.H.; Pope, J.G.; Murawski, S.A. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO Fisheries Technical Paper. No. 339. Rome, FAO. 1994. 233p.
- Anderson, O.R.J., Small, C.J., Croxall, J.P., Dunn, E.K., et al. 2011. Global seabird bycatch in longline fisheries. *Endang. Species Res.*, 14:91-106.
- Berkes, F. 2009. Social aspects of fisheries management. In: Cochrane & Garcia, (eds). *A fishery manager's guidebook*. 2nd ed. Published by FAO and WileyBlackwell. 52-74.
- Beverton, R.J.H., Holt, S.H. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Ser. 2 Mar. Fish. G.B. Minist. Agric. Fish. Food No.19*, 533 p.
- Blaxter, J.H.S., Jones, M.P. 1967. The development of the retina and retinomotor responses in the herring. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 47, 677-97.
- Dureuil, M, Boerder, K., Burnett, K, Froese, R., Worm, B. 2018. Elevated trawling inside protected areas undermines conservation outcomes in a global fishing hot spot. *Science*, 361(6421):1403-1407.
- FAO, 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. *Hacia la transformación azul en acción*. FAO, Rome.
- FAO, 2024. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. *La transformación azul en acción*. FAO, Rome.
- Freire, K.M.F., Belhabib, D., Espedido, J.C., et al. 2020. Estimating global catches of marine recreational fisheries. *Front. Mar. Sci.* 7:12.
- Cochrane, K., Garcia, S. (Eds.). 2009. *A Fishery Manager's Guidebook*. FAO and Wiley-Blackwell. 536 pp.
- Jackson, J.B., M.X. Kirby, W.H. Berger, K.A. et al. 2001. Historical overfishing and recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293:629-637.
- Jennings, S., Mélin, F., Blanchard, J.L., Forster, R.M., Dulvy, N.K., Wilson, R.W. 2008. Global-scale predictions of community and ecosystem properties from simple ecological theory. *Proc Biol Sci.*275(1641):1375-83.
- Lewison, R.L., Freeman, S.A., Crowder, L.B. 2004. Quantifying the effects of fisheries on threatened species: the impact of pelagic longlines on loggerhead and leatherback sea turtles. *Ecol. Letters*, 7:221-231.
- Myers, R.A., Worm, B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423(6937):280-3..

- Pauly, D. Maclean, J. 2003. In a perfect ocean: The state of fisheries and ecosystems in the North Atlantic Ocean. Islands Press.
- Pauly, D., Zeller, D. 2017. Comments on FAOs State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA 2016). *Mar. Pol.*, 77,176-181
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S. et al. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418, 689–695.
- Poiner, I.R., Blaber, J.M., Brewer, D.T., et al. 1998. Final report on the effects of prawn trawling in the far northern section of the Great Barrier Reef: CSIRO Marine Laboratories .
- Quinn, T.P., Fresh, K. 1984. Homing and Straying in Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) from Cowlitz River Hatchery, Washington. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41(7).
- Richardson, K., et al. 2022. Global estimates of fishing gear lost to the ocean each year. *Sci. Adv.*, 8,eabq0135.
- Sahrhage, D., Lundbeck, J. 1992. A history of fishing. Springer-Verlag. Berlín. 348 pp.
- Slotte, A., Salthaug, A., et al., 2025. Herring spawned poleward following fishery-induced collective memory loss. *Nature*, <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08983-3>.
- Sparre, P., Venema, S.C. 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 2. Ejercicios. FAO Fisheries Technical Paper. N° 306.2, Rev. 2. Rome.
- Wardle, C.S. 1993. Fish behaviour and fishing gear. In: Pitcher, T. (ed.). Behaviour of teleost fishes. 2nd ed. Chapman & Hall. Fish and Fisheries Series 7. London.
- Watanabe, T. 1970. Morphology and ecology of early stages of life in Japanese common mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn, with special reference to fluctuation of population. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 62:1–283.
- Watling, L., Norse, E.A. Disturbance of the Seabed by Mobile Fishing Gear: A Comparison to Forest Clearcutting. *Conserv. Biol.*, 12(6), 1180-1197.
- World Bank. 2008. Announcement of fifty billion lost by marine fishing each year on October 8, 2008. Informe n° 164586.
- Zeller D, Cashion T, Palomares M, Pauly D. 2018. Global marine fisheries discards: A synthesis of reconstructed data. *Fish Fish.*, 19: 30–39.







