

La xarxa tròfica

Les relacions d'alimentació que hi ha entre els diferents organismes mostren el flux de la matèria i de l'energia en els ecosistemes, que va des dels organismes productors fins als descomponedors, passant pels consumidors. Aquestes categories s'anomenen *nivells tròfics*, i sovint van associades a algunes *estratègies tròfiques* com l'herbivorisme o el carnivorisme, per exemple. Cada nivell tròfic agrupa les espècies que tenen el mateix tipus d'alimentació, de manera que el flux de matèria i energia va passant d'un nivell tròfic inferior als següents. Es considera que, com a màxim, un nivell aprofita només el 10 % de l'energia del nivell tròfic anterior. Si representem aquests nivells tròfics sobre el paper, veurem que formen un seguit d'organismes que conformen una *cadena tròfica o alimentària*. Com que a cada nivell tròfic es perd molta energia, les cadenes tròfiques solen tenir pocs «esglaons».

Cadenes i xarxes tròfiques

Les cadenes alimentàries poden començar amb productors primaris o bé amb restes de matèria orgànica i, aleshores, s'anomenen *cadena de detritus*, en què molts dels consumidors solen ser organismes microscòpics. Però en la realitat, en els ecosistemes una mateixa espècie pot menjar coses ben diferents i ser consumida per diferents organismes. Per això, les cadenes tròfiques tenen més aviat l'aspecte de xarxes, si les mirem a nivell ecosistèmic. Aquestes *xarxes tròfiques* poden ser molt complexes, i inclouen la via dels descomponedors i dels recicladors microscòpics de matèria orgànica, que vam descriure al medi aquàtic pelàgic com el *bucle microbià*.

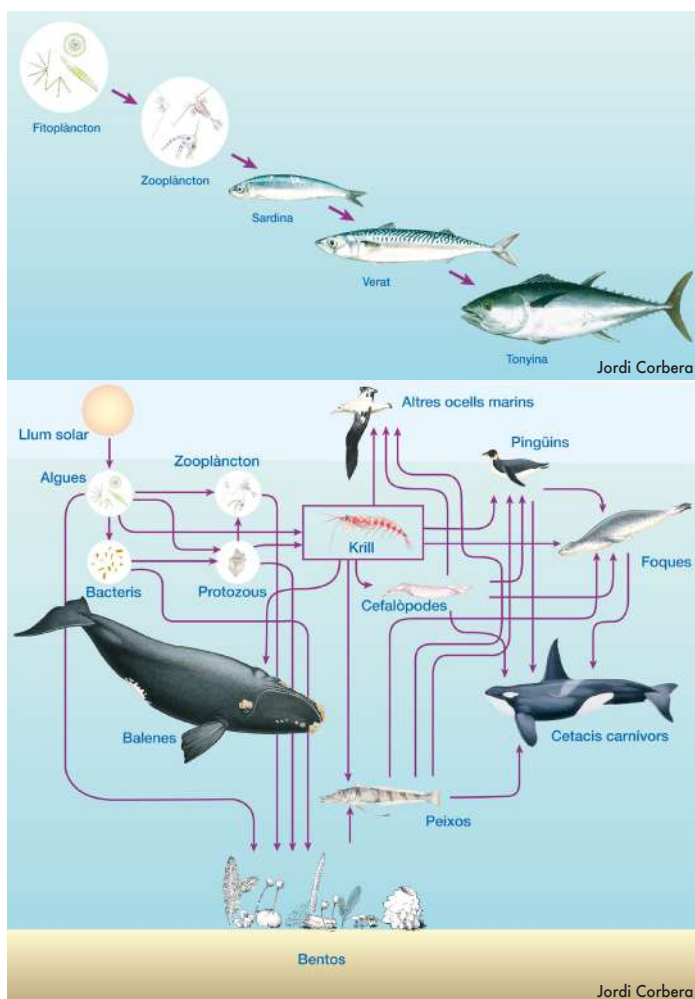
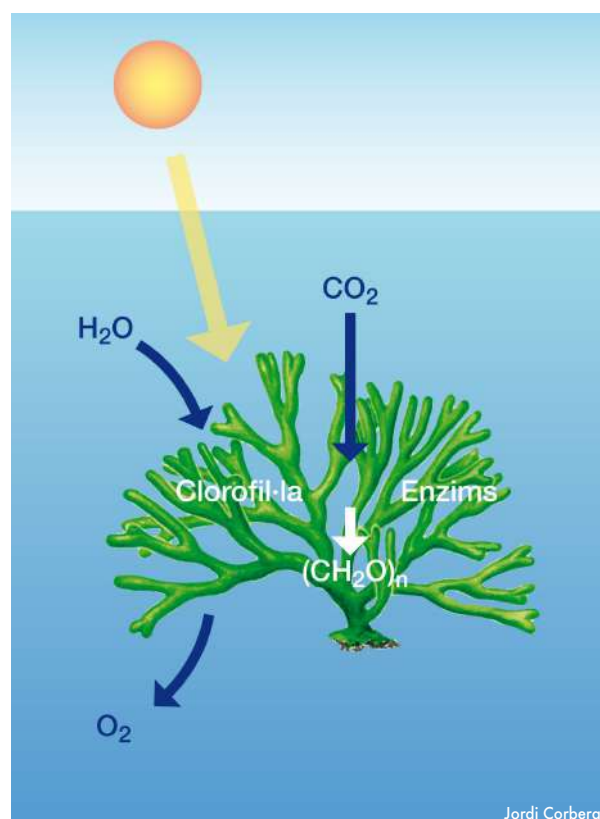


Fig. 1. ↑ Exemple de cadena tròfica marina.
 ↓ Exemple de xarxa tròfica marina.

Productors primaris

Els *productors primaris* o organismes *autòtrofs* són els organismes que sintetitzen matèria orgànica a partir de matèria inorgànica. Al mar, aquest paper el tenen nombroses algues —unicel·lulars i pluricel·lulars— i plantes marines com la posidònia, així com bacteris fotosintètics —com els cianobacteris— i quimiosintètics —com, per exemple, els que viuen a grans fondàries, a prop de les fonts hidrotermals—. Els organismes *fotosintètics* empren l'energia de la llum del sol, i els *quimiosintètics* la treuen de reaccions químiques. La fotosíntesi pot ser *oxigènica*, si s'empra aigua com a donador d'electrons i es produeix oxigen, o *anoxigènica*, si l'efectuen alguns grups de bacteris en indrets poc oxigenats, que empren altres molècules com a donadores d'electrons.

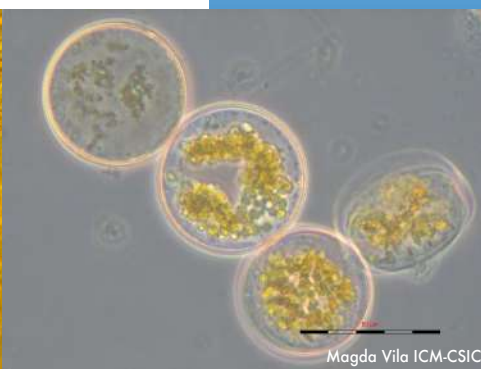
Hi ha *productors primaris*, en l'ambient marí, que poden ser alhora autòtrofs i heteròtrofs, i combinar ambdues estratègies segons les condicions ambientals. Aquests organismes s'anomenen *mixòtrofs*, i comprenen alguns protistes com els dinoflagel·lats. Altres organismes autòtrofs poden establir relacions de simbiosi amb organismes heteròtrofs, com és el cas de les zooxantel·les i els coralls.



Jordi Corbera



Magda Vila ICM-CSIC



Magda Vila ICM-CSIC



Esther Garcés ICM-CSIC

Fig. 2. ↑ Esquema de la realització de la fotosíntesi per les algues. ↓ Els cianobacteris (*esq.*), les diatomees (*centre*) i els dinoflagel·lats (*dta.*) són alguns dels productors primaris del mar. Molts dinoflagel·lats són mixòtrofs.

Consumidors

Els organismes *consumidors* són *heteròtrofs*, és a dir, prenen la matèria orgànica d'altres organismes i la transformen en la seva matèria orgànica. Els *consumidors primaris* són els que s'alimenten directament dels productors; habitualment els anomenem *herbívors*. En el medi marí, moltes garotes poden ser considerades herbívors bentònics, com també ho poden ser en el medi pelàgic molts copèpodes, els quals s'alimenten mitjançant mecanismes de filtració. De fet, els copèpodes conformen el grup d'herbívors més important dels oceans. Els *consumidors secundaris* s'alimenten d'altres consumidors; segons el tipus d'aliment que mengen, podem trobar-ne amb diferents estratègies tròfiques: *carnívors*, *paràsits*, *omnívors*, *detritívors* o *sapròfags*, que comprenen els *copròfags*. Els *carnonyaires* són un altre tipus de consumidors. De vegades, s'anomenen *consumidors terciaris* a alguns organismes que considerem superpredadors; ossos polars, foques lleopard, orques, catxalots i taurons són alguns dels superpredadors que trobem en diferents ambients marins.

Els *carnívors* s'alimenten depredant altres organismes; els paràsits obtenen aliment d'un hoste al qual perjudiquen, els omnívors poden menjar una varietat d'aliments vegetals i animals, els sapròfags s'alimenten de restes en descomposició, i els copròfags de restes fecals d'altres organismes. Els organismes *sedimentívors*, com els cogombres de mar, són consumidors que s'alimenten ingerint sediment i destriant-ne les partícules de matèria orgànica i els organismes que hi troben.

Segons la mida de les preses capturades, els consumidors poden ser classificats com a *micròfags* —capturen petites preses com les que retenen molts organismes filtradors o els sedimentívors— o *macròfags* —capturen preses més grosses, com les dels predadors o els carronyaires—.



Fig. 3. (De ← a → i de ↑ a ↓) Exemples de consumidors primaris (un copèpode i un eriçó de mar), consumidors secundaris (el seító), carronyaires (l'esclòp), sedimentívors (el cogombre de mar) i consumidors terciaris (taurons).

Els *descomponedors* són els organismes encarregats d'acabar de desfer la matèria orgànica, i de tornar al medi alguns dels seus compostos. Es pot dir que tenen una funció de reciclatge de la matèria, ja que moltes molècules de les que alliberen al medi poden tornar a ser emprades pels productors primaris. La majoria d'aquests organismes són microscòpics.

En les grans planes abissals, els cossos de les balenes mortes poden constituir oasis de vida per a nombrosos animals descomponedors i carronyaires. Al voltant d'aquests cadàvers es forma temporalment una complexa xarxa tròfica. En les zones costaneres, les macroalgues són el substrat idoni per a nombrosos descomponedors. De fet, gairebé tota la biomassa algal passa directament cap a aquests nivells tròfics.



Fig. 4. ← Els amfípodes bentònics (un d'antàrtic) es poden considerar organismes descomponedors. → Les restes d'algues i de fanerògames marines que sovint trobem a les platges són una important font d'aliment per als organismes descomponedors.

Connexions tròfiques entre plàncton i bentos

En el medi marí és important tenir en compte que les xarxes tròfiques no queden únicament confinades al sistema pelàgic o al bentònic, sinó que ambdós sistemes formen part de les mateixes relacions tròfiques. Per exemple, el detritus, restes d'organismes i de matèria orgànica que van caient des de les capes superficials més productives, poden arribar a fons marins no il·luminats i constituir l'aliment de nombrosos organismes bentònics sèssils, que s'alimenten filtrant l'aigua contínuament i capturant-ne les partícules alimentàries. A la pluja de restes orgàniques barrejades amb partícules inorgàniques que cau a través de la columna d'aigua se l'anomena de *vegades neu marina*. Aquesta neu marina es va descomponent a mesura que va sedimentant cap el fons, tot enriquint-se alhora amb microorganismes descomponedors que també serveixen d'aliment fresc per als animals bentònics que capturen les partícules de neu marina. Per la seva banda, els animals del bentos, a través de la seva activitat metabòlica, també excreten al medi restes orgàniques i inorgàniques que poden servir d'aliment a molts organismes. D'aquesta manera s'entén que la xarxa tròfica marina mostra relacions entre el plàncton i el bentos.

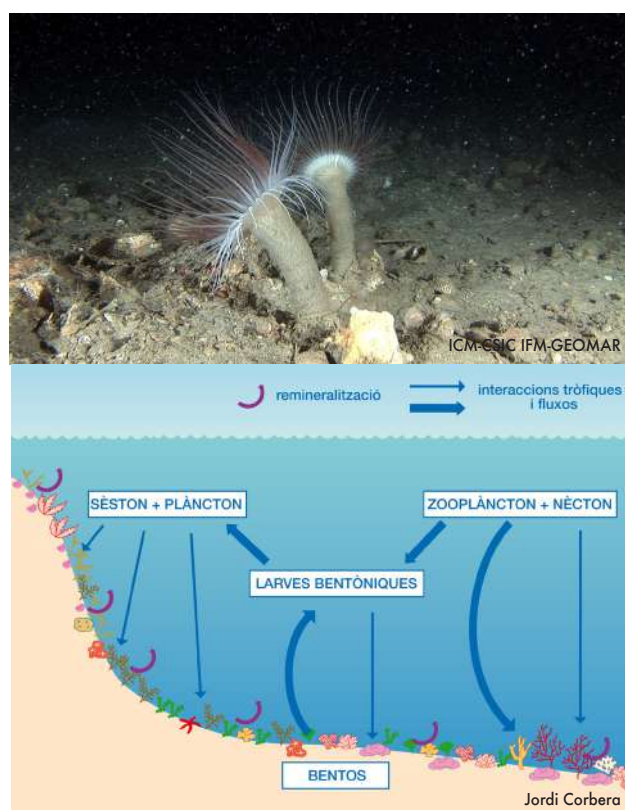


Fig. 5. ↑ Fotografia de neu marina (petits punts blanquinosos a l'aigua) i organismes suspensívors. ↓ Esquema de les relacions entre plàncton i bentos.

Paràmetres tròfics i piràmides ecològiques

Existeixen una sèrie de paràmetres tròfics que permeten avaluar la transferència de matèria i energia en un ecosistema. Alguns d'aquests paràmetres són la *biomassa* —la massa de tots els organismes que formen un nivell tròfic o un ecosistema per unitat de superfície o de volum— i la *producció* —quantitat d'energia emmagatzemada en forma de biomassa a cada nivell tròfic o a l'ecosistema per unitat de superfície o volum i unitat de temps—. Hi ha *producció bruta* —la total— i *producció neta* —la producció total menys la despesa per respiració cel·lular—; també podem parlar de *producció primària* i *producció secundària*, si ens referim als diferents nivells tròfics. La producció primària és l'energia captada pels productors, i la secundària és la captada pels consumidors a través de l'alimentació. La *productivitat* expressa la relació entre la producció anual i la biomassa inicial —a partir d'aquest paràmetre podem observar les *taxes de renovació*, que informen sobre la ràpida renovació de la biomassa; per exemple, la biomassa en el plàncton es renova ràpidament, però en comunitats bentòniques molt madures, ho fa lentament—. Alguns d'aquests paràmetres —energia o producció neta, biomassa i nombre d'individus— es poden representar de manera gràfica a través de *piràmides ecològiques*, on cada nivell tròfic equival a una barra

l'amplada de la qual és proporcional al valor del paràmetre representat. A la base de la piràmide hi posem els productors, per sobre els consumidors primaris, després els secundaris i etcètera. Habitualment, les bases de les piràmides són més amples que les puntes, però es poden invertir. Per exemple, de vegades la biomassa de zooplàncton és major que la de fitoplàncton; aquest fet succeeix perquè el fitoplàncton té una major taxa de renovació que el zooplàncton i pot substituir més ràpidament la biomassa perduda.

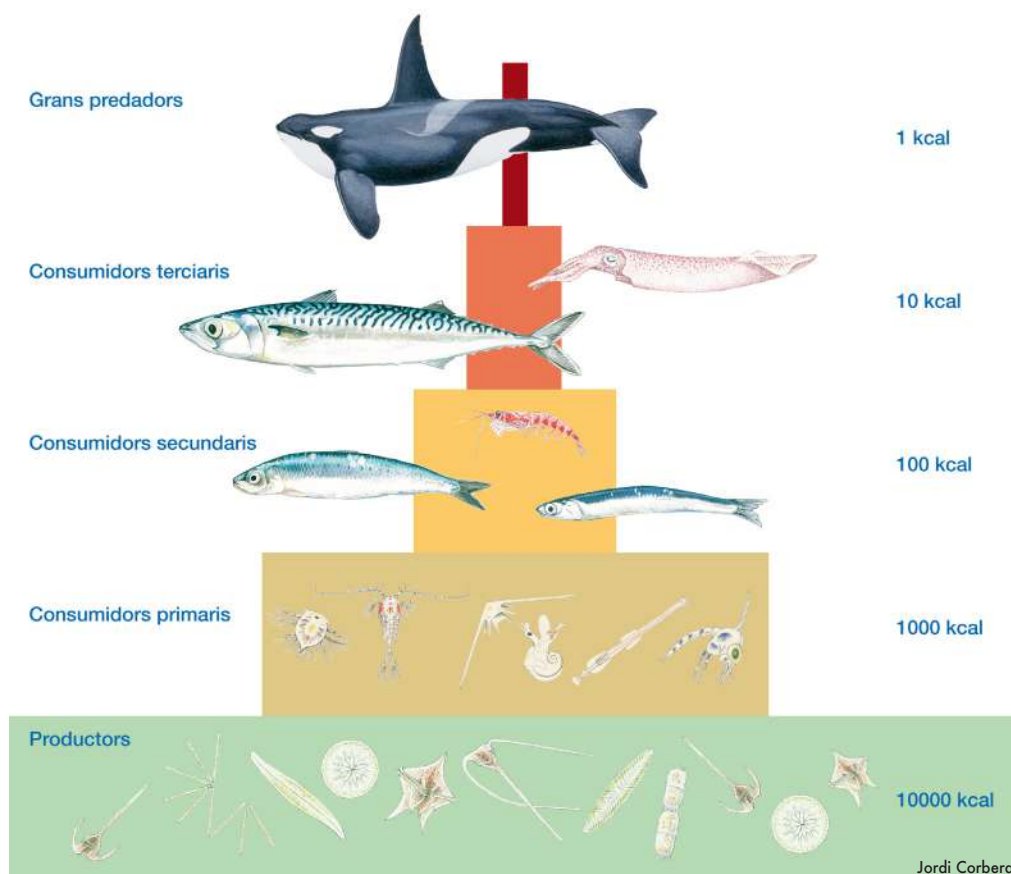


Fig. 6. Exemple de piràmide tròfica marina.

Les espècies clau

Hi ha algunes espècies anomenades *espècies clau* en les xarxes tròfiques. Són espècies que afectarien la xarxa tròfica enormement si per algun motiu desapareguessin; o si, al contrari, abundessin massa. Tenen un paper important en el manteniment de l'estructura i l'equilibri dels ecosistemes. En els boscos de varec o *kelp* –macroalgues brunes–, les llúdrigues marines són una espècie clau, perquè mantenen les poblacions de garotes a nivells que no afecten les algues i, per tant, la resta de l'ecosistema.

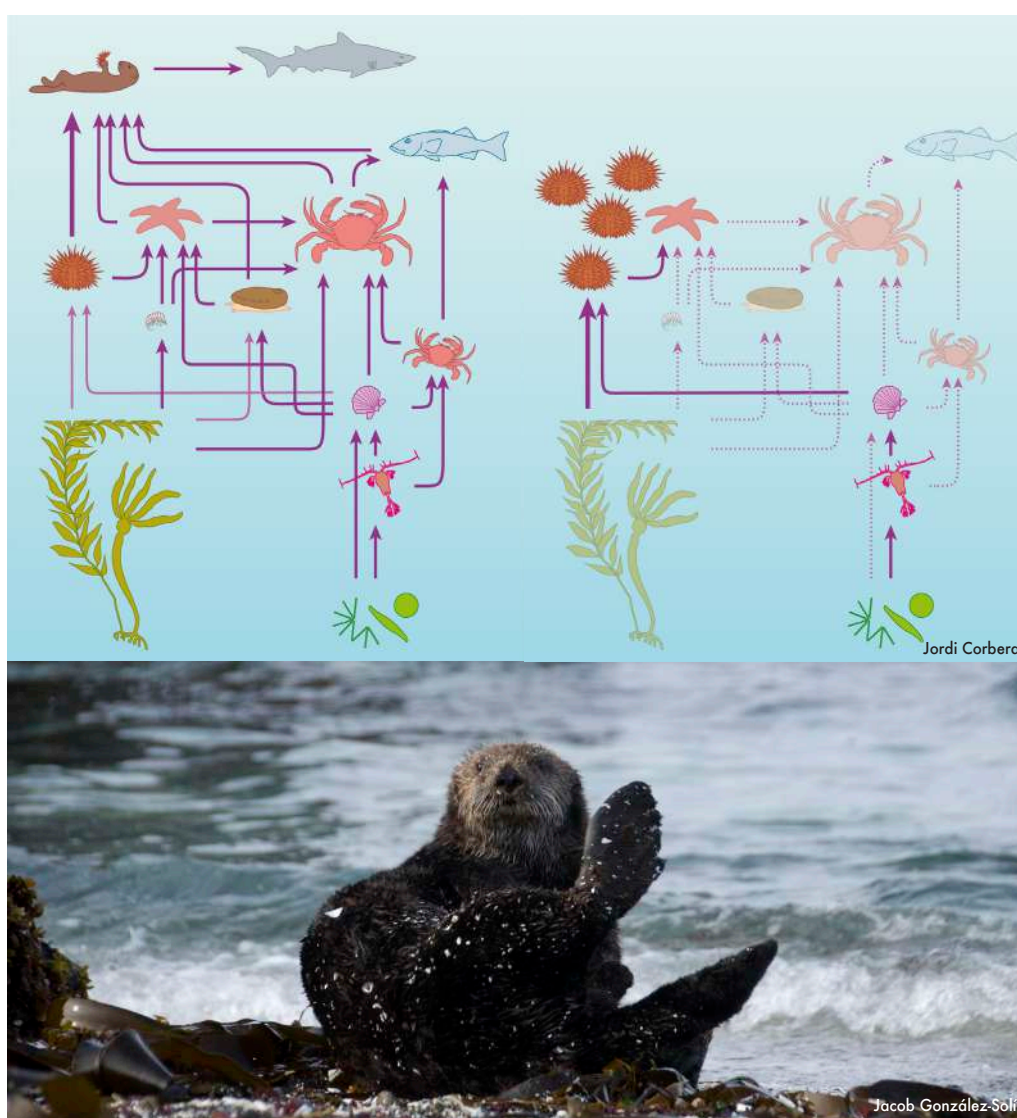


Fig. 7. ↑ Esquema de la modificació que pot patir un ecosistema, si se n'extreu un depredador situat en un nivell tròfic superior. En aquest cas, les llúdrigues marines actuen com a espècie clau. Ecosistema inicial (esq.) i efectes observats en treure les llúdrigues d'aquest ecosistema (dta.). ↓ Llúdriga (*Enhydra lutris*).

Com afecta l'home la xarxa tròfica marina?

L'home afecta enormement els ecosistemes marins a través de modificacions en la xarxa tròfica. Per exemple, a través de l'extermini o de la pesca de grans consumidors o predadors marins, com els taurons, les tonyines i les foques, l'home provoca alteracions en les cadenes tròfiques marines. És un fenomen conegut com a *fishing down the food web* (traduït, «pescant la xarxa tròfica cap avall»): l'home pesca els nivells tròfics superiors, i quan els acaba, va pescant els nivells tròfics inferiors. Es creu que, si aquesta sobreexplotació dels ecosistemes marins continua, aviat només pescarem per menjar meduses i plàncton!

Per altra banda, en abocar al mar grans quantitats de substàncies que actuen com a nutrients, l'home també pot provocar proliferacions massives i sobtades d'espècies fitoplanctòniques que, de vegades, són contraproductes per a l'ecosistema.

Aquests són dos tipus d'efectes que pot produir l'home en les xarxes tròfiques dels ecosistemes: el primer, afectant les xarxes des de dalt (control *top-down*, com el que s'il·lustra en la fig. 7) i el segon, afectant les xarxes des dels nivells tròfics inferiors cap als superiors (control *bottom-up*).

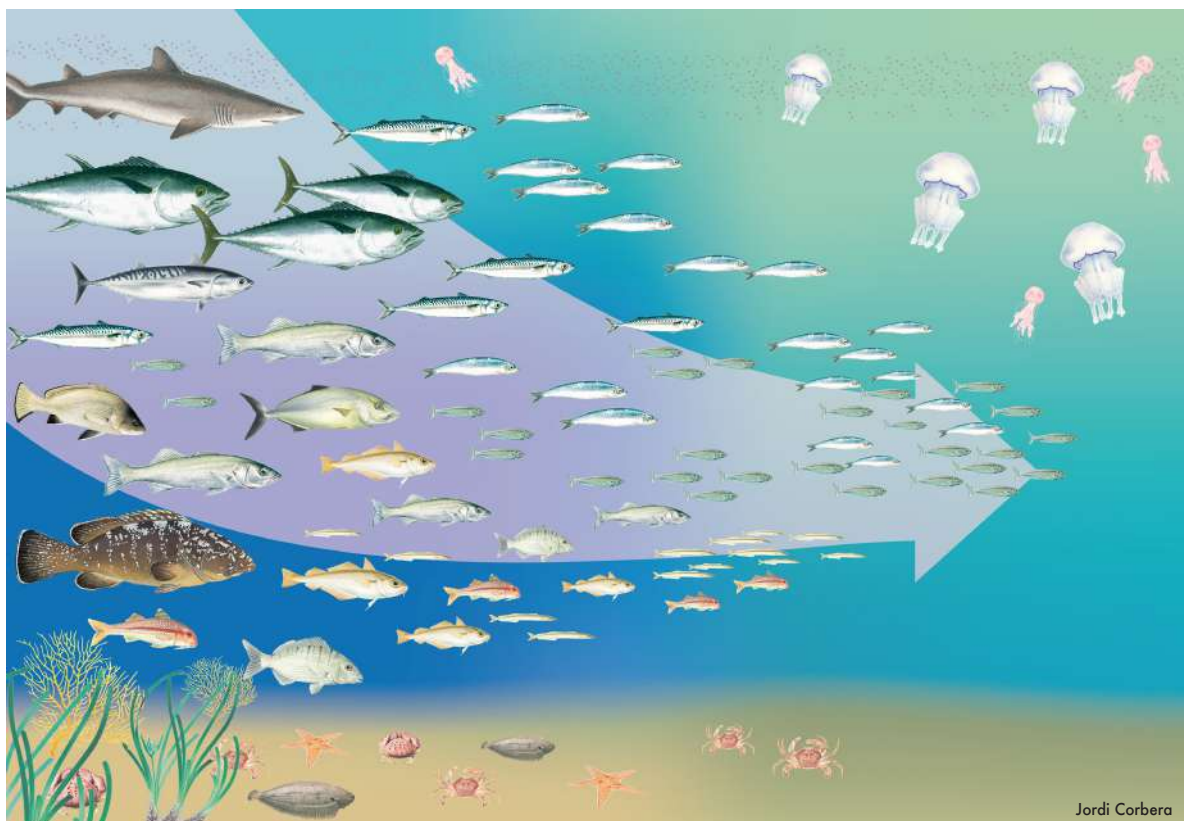


Fig. 8. *Fishing down the food web*: esquematització d'allò que pot ocórrer quan es van pescant nivells tròfics superiors continuadament (de mica en mica, s'han de pescar nivells tròfics inferiors). Els efectes sobre l'ecosistema marí són globals.