

La Mediterrània Una mar amb problemes i oportunitats

Unitat didàctica

Maig 2009



COL·LEGI OFICIAL DE DOCTORS
I LLICENCIATS EN FILOSOFIA I LLETRES
I EN CIÈNCIES DE CATALUNYA

Al servei de la professió docent



Generalitat de Catalunya
**Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

UNITAT DIDÀCTICA: LA MEDITERRÀNIA. UNA MAR AMB PROBLEMES I OPORTUNITATS

Equip Redactor: Josep Maria Gili
Alejandro Olariaga
Josep Marlés

Nivell educatiu: 1r, 2n, 3r i 4t ESO

Índex

Introducció

Bases teòriques

1. L'origen de la mar Mediterrània
2. Geografia política i medi ambient
3. Conques i balanç hidrològic
4. Hàbitats i comunitats
5. El plàncton
6. Diversitat i valoració de l'estabilitat dels ecosistemes marins
7. Aspectes mediambientals. Amenaces i oportunitats

Material de treball a l'aula

1. Activitat 1: termoclina-haloclina en un vas de precipitats
2. Activitat 2: captura i conservació de plàncton
3. Activitat 3: Observació de plàncton
4. Activitat 4: Contaminació bacteriana de les aigües del litoral

Bibliografia

INTRODUCCIÓ

Què és la Mediterrània? "Mil cosas ahora", en paraules de l' historiador francès Fernand Braudel (1902-1985), gran estudiós de les mediterrànies. Segons Braudel, "el paisatge mediterrani no és pas un únic paisatge, la civilització mediterrània és un munt de civilitzacions i la mar Mediterrània és una successió de mars". La Mediterrània és per tant, diversa, però al mateix temps és també un lloc comú, un espai cultural compartit per milions de persones i un àmbit biogeogràfic que s'estén molt més enllà de les conques mediterrànies pròpiament dites. El món mediterrani existeix i el concepte de mediterraneïtat emergeix arrelat profundament en els referents històrics, en la peculiaritat climàtica i en el rigor científic de la recerca.

¿Són les terres mediterrànies que manlleven el nom a una mar, o és la mar que adopta el nom de les terres que l'envolten? Cal admetre que la resposta a la pregunta anterior és incerta; en canvi, és ben cert que la majoria de persones coneixen més bé les terres que no pas la mar. Precisament per aquest motiu, la unitat didàctica que presentem, *Mediterrània. Una Mar amb problemes i oportunitats* té una rellevància especial, ja que el seu objectiu és que estudiants i professors de secundària i batxillerat puguin aprofundir en el coneixement de determinats aspectes de la mar Mediterrània.

Actualment, la Mediterrània és la mar interior més gran del nostre planeta i ocupa una depressió allargada entre el continent europeu i l'africà. Les seves aigües es distribueixen en dues grans conques, l'oriental i l'occidental, que s'uneixen a l'estret de Sicília i presenten fondàries variables, molt comunes al voltant dels 2000 m i amb un valor màxim de 5100 m a la conca oriental (Depressió Jònica, en front de la costa del Peloponesi).

Moltes són les característiques de la mar Mediterrània, però n'hi ha dues que són especialment importants, sobretot en relació als objectius d'aquesta unitat didàctica. En primer lloc, la mar Mediterrània funciona com una **conca de concentració de sals** i en conseqüència, l'aigua **té una salinitat elevada**, però al mateix temps, és relativament **pobra en nutrients i plàncton**. La segona característica és **l'especial sensibilitat que presenta aquesta mar als canvis de temperatura ambient** i per tant, als canvis estacionals. Ambdues qüestions afecten de manera molt especial la vida i el desenvolupament de les comunitats d'organismes que viuen en aquesta mar.

Malgrat que una gran quantitat d'aigua dolça continental flueix cap a la mar Mediterrània a través dels rius (alguns de cabal prou generós), ni amb l'ajut de les pluges es pot evitar que l'evaporació s'endugui cap a l'atmosfera aproximadament tres vegades el volum de l'aigua dolça que hi arriba. Aquest fet provoca dues conseqüències: una **elevada salinitat de l'aigua** i una **entrada d'aigua menys salada** des de l'Atlàntic, a través de l'estret de Gibraltar. Si es tanqués aquesta connexió amb l'oceà, la mar Mediterrània incrementaria progressivament la concentració salina de les seves aigües i s'assecaria al cap de tres mil anys, que és un temps ben curt des del punt de vista geològic.

L'enllaç de les aigües a través de Gibraltar determina una de les característiques més importants de la mar Mediterrània: **l'aigua de la Mediterrània és relativament pobra en nutrients i partícules en suspensió**, com el plàncton. Això és així, pel fet que l'aigua més salada de la Mediterrània és més densa que la provinent de l'Atlàntic; l'aigua oceànica, poc densa, entra a la Mediterrània per la superfície, però, per sota, hi ha un flux d'aigua més densa i rica en nutrients que s'escapa de la mar cap a l'oceà. El balanç d'aigua és favorable a la Mediterrània, però el balanç de nutrients i partícules

suspeses és a la inversa. L'Atlàntic li dóna aigua a la Mediterrània, però aquesta li torna el favor en forma de nutrients.

La disponibilitat de nutrients i de partícules en suspensió és un factor determinant per a les comunitats d'organismes que viuen permanentment submergides en els fons marins i és per això que la mar Mediterrània, pobra en nutrients, presenta unes comunitats bentòniques relativament reduïdes i extremadament sensibles. Hi ha catàstrofes naturals que malmeten aquestes comunitats, però també hi ha catàstrofes degudes a l'activitat humana que poden destruir totalment algunes d'aquestes comunitats, com per exemple la pesca a ròssec.

Les comunitats bentòniques permanentment submergides, tant les algues i fanerògames (alguers) com els coralls (coral-ligen) són màquines de funcionament complex i en bona part desconegut, que juguen un paper cabdal per a l'equilibri ecològic de la mar Mediterrània. Al mateix temps, moltes activitats humanes de les terres mediterrànies depenen en gran part de la bona salut de la seva mar i per tant, de l'aplicació de polítiques racionals i sostenibles en l'explotació dels recursos.

L'estacionalitat és important a la mar Mediterrània per diversos motius: afecta la **circulació d'aigua** superficial i fonda, influeix també en les **característiques del plàncton**, la **circulació i renovació vertical dels nutrients** (columna d'aigua) i la **direcció dels fluxos d'aigua que circulen pel fons marí**, els quals, a la vegada, interactuen amb les comunitats bentòniques. L'estacionalitat és per tant, un factor d'incertesa en funció del qual varien moltes de les característiques d'aquesta mar i la seva influència és tant important, que les conseqüències són múltiples i variades. L'estudi d'alguns d'aquests resultats és a l'abast només dels especialistes, però altres són tan evidents, que un estudiant de secundària se'n pot fer perfectament una idea.

L'estacionalitat és una variable i quan hom disposa d'una variable i d'alguna cosa que canvia en funció d'aquesta variable, es té un motiu de recerca. A la Mediterrània, en base a l'estacionalitat, els alumnes de tots els nivells educatius podran imaginar molts i variats arguments per a la recerca.

Aquesta unitat dedicada a la Mar Mediterrània és un projecte didàctic que, amb la col·laboració de l'Institut de Ciències de Mar de Barcelona (ICM-CSIC), té per objectiu aprofundir en la coneixença de l'antic Mare Nostrum, el qual i malgrat la seva llarga història de 180 milions d'anys, encara guarda secrets que els estudiants de secundària poden ajudar a descobrir. Malgrat que la biologia i la geologia són els eixos vertebradors del projecte, aquesta unitat didàctica no es circumscriu només a l'entorn de la ciència, sinó que cal situar-la a l'àmbit del coneixement en general, de l'estudi de la gestió sostenible i el desenvolupament d'actituds de respecte envers l'entorn natural. Ha de ser així, perquè "mil coses" constitueixen la Mediterrània i moltes encara no es coneixen prou bé, sobretot aquelles que determinen la dinàmica d'una mar que, al cap i a la fi, és el pal de paller d'una cultura i d'una manera de viure.

BASES TEÒRIQUES

1.- L'origen de la Mar Mediterrània

Per poder comprendre les característiques actuals de la Mar Mediterrània cal primerament fer una mica d'història geològica. La Mar Mediterrània és el resultat de complexos processos tectònics que s'iniciaren, ara fa uns 200 milions d'anys (Triàsic), quan es començà a separar, en diversos continents, una gran superfície única anomenada Pangea, envoltada d'un únic oceà anomenat Panthalassa.

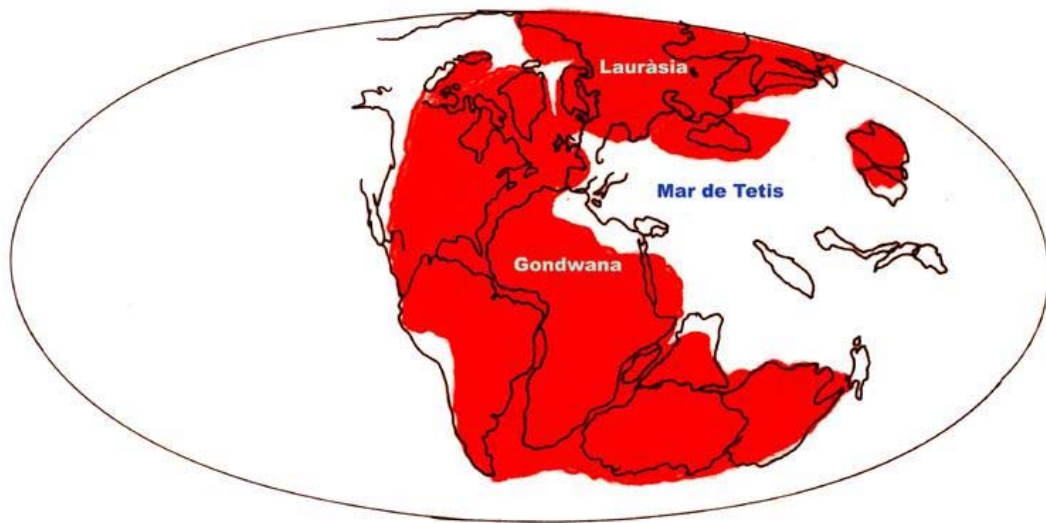
En el supercontinent Pangea es distingeixen dues gran unitats, Lauràsia i Gondwana, separades en la part oriental per una gran zona oceànica anomenada Mar de Tetis. L'estudi dels jaciments de fòssils marins que es troben en molts indrets de les zones mediterrànies actualment emergides permeten una reconstrucció de la història geològica que, a partir de la formació del Tetis, explica la formació de la Mar Mediterrània actual.

La reconstrucció precisa de la gènesi de totes i cadascuna de les particularitats geològiques que conformen la Mar Mediterrània tal i com actualment la coneixem és difícil. Probablement l'evolució del Mar de Tetis va comportar l'existència de distintes conques oceàniques en diferents moments d'aquesta història geològica generada per l'activitat tectònica.

TAULA D'UNITATS CRONOSTRATIGRÀFIQUES

ERA	PERÍODE	ÈPOCA	Milions d'anys enrere	Orogènies
Quaternari o Era Quaternària		Holocè	0.01	
		Pleistocè	2	
Cenozoic o Era Terciària	Neogen	Pliocè	10	Orogènia alpina
		Miocè	25	
	Paleogen	Oligocè	40	
		Eocè	60	
		Paleocè	65	
Mesozoic o Era Secundària	Cretaci	Cretaci superior	130	Inici de la separació de la Pangea
		Cretaci inferior		
	Juràssic	Malm	180	
		Dogger		
		Liàssic		
	Triàsic	Keuper	200	
		Muschelkalk	225	
Buntsandstein				
Paleozoic o Era Primària	Permiana	270	Orogènia herciniana	
	Carbonífer	350		
	Devonià	400		
	Silurià	440		
	Ordovicià	500		
	Cambrià	570		
Agnostozoic o Precambrià			5000	

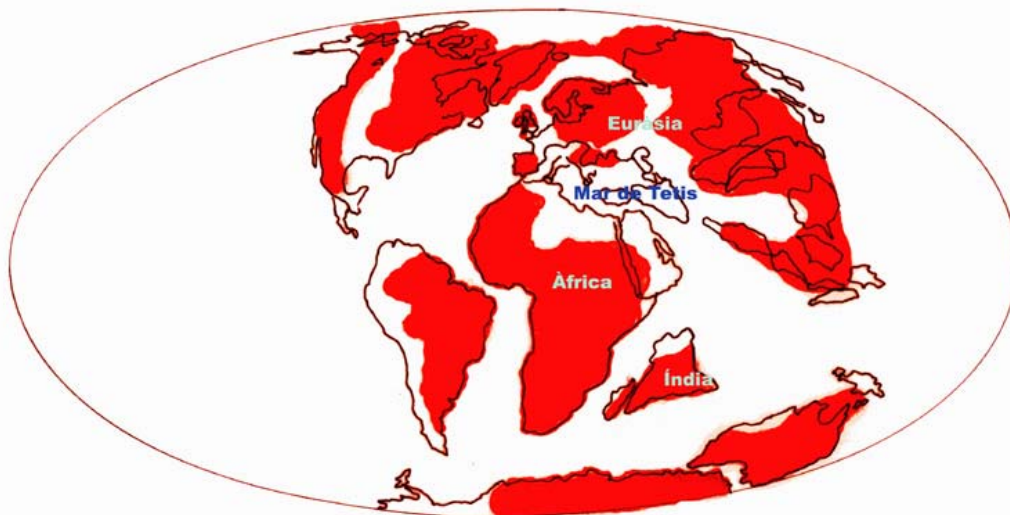
Font: Jaume Gallemí i Paulet. *Geologia Pas a Pas*. Editorial: Publicacions de l'Abadia de Montserrat



■ Continent emergit en l'època referenciada

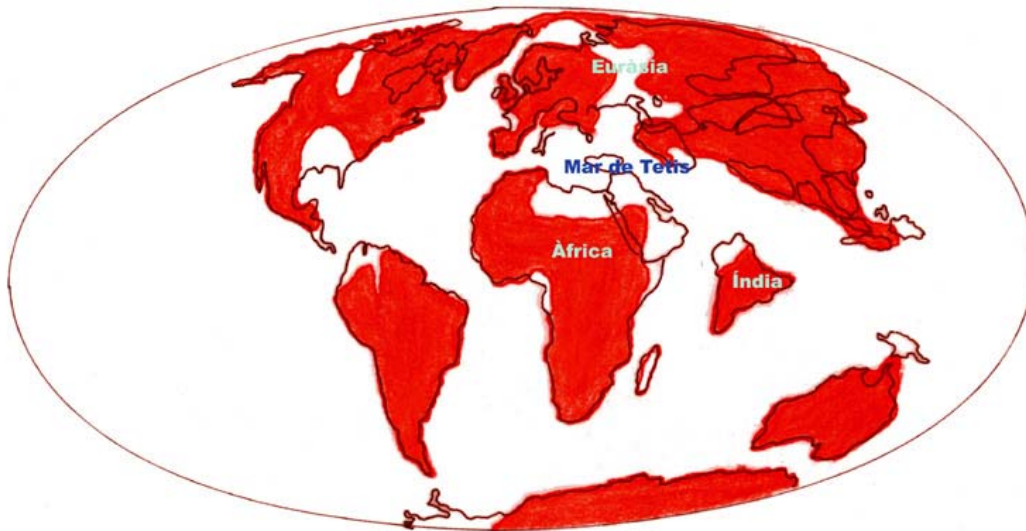
— Límit dels continents actuals

Pangea. Triàsic, ara fa uns 200 milions d'anys



Cretaci superior. Ara fa uns 90 milions d'anys

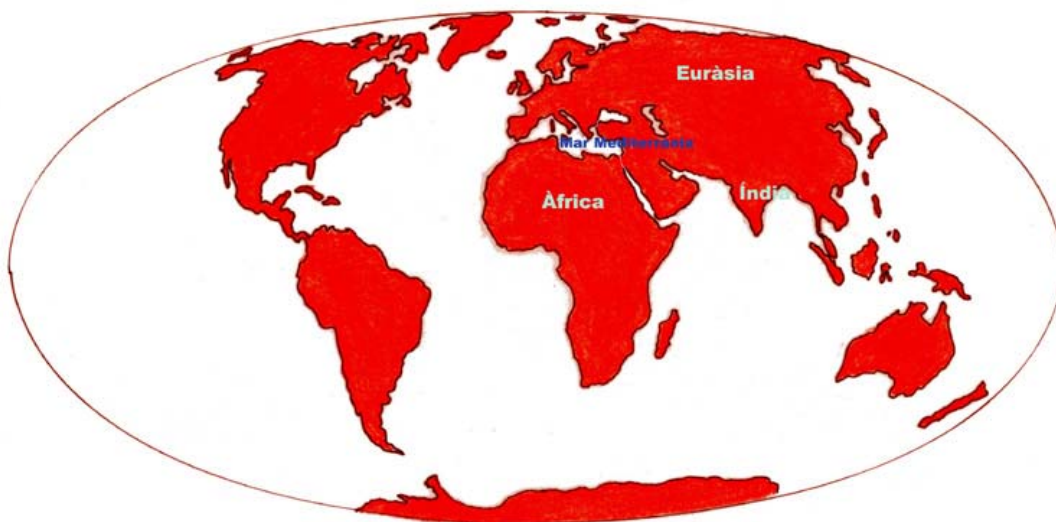
Durant el Cretaci, el Mar de Tetis queda connectat amb el primitiu oceà Atlàntic. Curiosament, el moviment de les plaques tectòniques ha provocat que aquesta connexió quedés tancada en diversos períodes geològics. L'estudi de sediments permet concloure que en el Miocè, ara fa uns 25 milions d'anys, la compressió de la Placa Africana cap el nord provocà l'aïllament entre el Tetis i l'Atlàntic. Posteriorment, la distensió entre les plaques tectòniques eurasiàtica i africana va permetre la reobertura del que actualment és l'estret de Gibraltar.



Paleocè. Ara fa uns 60 milions d'anys.

En el Paleocè, el Mar de Tetis mantenia una ampla connexió amb el primitiu oceà Indo-Pacífic. La tectònica va provocar que, poc a poc, es produís la convergència entre la plataforma aràbiga i les zones que corresponen a les actuals Turquia i Síria. El resultat va ser el tancament definitiu de l'enllaç Tetis-Índic i la formació d'un mar interior que correspondria a l'actual Mar Mediterrània.

Ara fa uns 5 milions d'anys, es va produir un nou tancament de la unió entre la Mar Mediterrània i l'Atlàntic a través de l'estret de Gibraltar. Aïllada de l'Índic i de l'Atlàntic, la Mediterrània va esdevenir una mar hipersalina i, segons algunes investigacions, sembla que va assecar-se completament durant 2 milions d'anys.



Actualitat

L'enllaç entre l'Atlàntic i la Mediterrània a través de l'estret de Gibraltar constitueix una característica fonamental per a la perpetuació de la Mediterrània com a Mar.

2.- Geografia política i medi ambient

La Mar mediterrània és un mar interior envoltat de països que conformen la regió mediterrània. Un conjunt d'estats que comparteixen una història comuna, però que alhora divergeixen en altres aspectes. Probablement, són les diferències de nivell econòmic i social un dels motius més preocupants pel que fa al manteniment de l'estabilitat política en aquesta zona. Cal tenir ben present que de l'estabilitat política en depenen moltes de les possibles solucions als problemes mediambientals que afecten la Mar Mediterrània i que analitzarem en aquesta unitat.



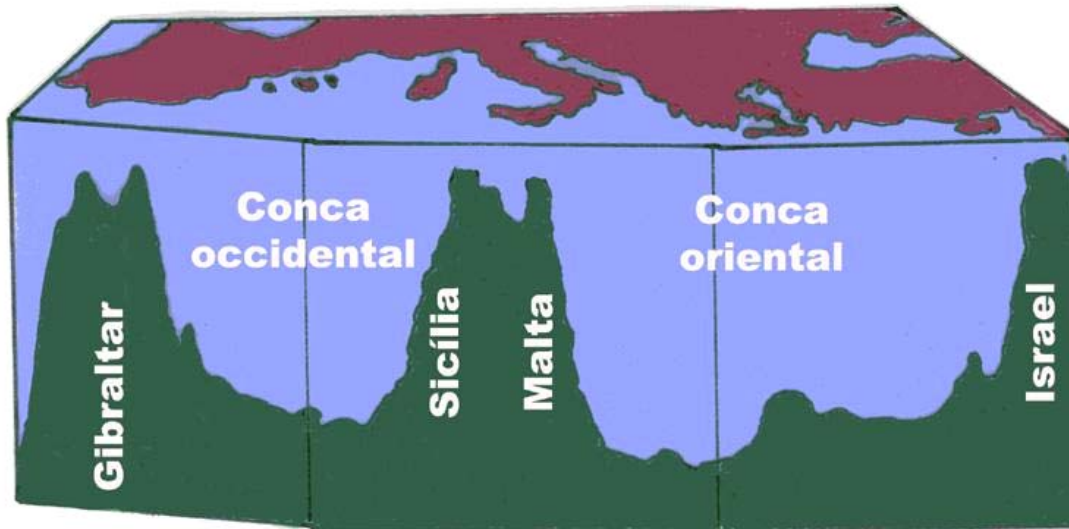
A nivell general, existeixen prou elements per poder afirmar que, en gran part, el futur econòmic i social de tots aquests països depèn de la preservació del medi ambient. La preocupació per al futur ecològic de la Mar Mediterrània hauria d'unir a tots els estats ribereïcs amb l'objectiu de desenvolupar polítiques comunes per a la protecció mediambiental de tota la regió.

Uns 150 milions de turistes visiten anualment la regió mediterrània i aquest fet constitueix una font molt important de recursos per a l'economia de la regió. Tots els visitants necessiten poder gaudir d'un ambient net i sense contaminació. Sense aigües cristal·lines i blaves, sense platges netes i sense els productes del mar que configuren una de les bases de la gastronomia mediterrània, el turisme no té futur i aquest turisme és fonamental per a l'economia de la regió mediterrània i per a l'estabilitat política.

Afortunadament, encara no és massa tard i la Mar Mediterrània encara no és morta, com alguns vaticinen. Cal però, fer cas a les senyals d'alerta i per damunt de tot, cal que els currículums educatius reservin espais amb l'objectiu de poder transmetre als nostres estudiants les emocions necessàries per tal que desenvolupin actituds positives en vers la preservació mediambiental.

3.- Conques i balanç hidrològic

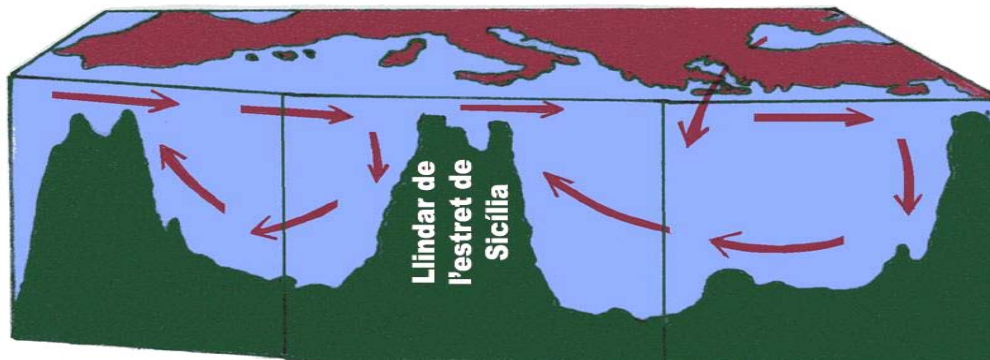
La Mar Mediterrània es divideix en dues grans conques: l'occidental i l'oriental. L'estret de Sicília marca el llindar entre les dues conques, que si bé estan ben connectades, alhora constitueixen sistemes marins diferents.



Perfil batimètric general de la Mar Mediterrània.

L'estret de Sicília té només uns 140 km d'amplada, però per si sol no explica les diferències entre les dues conques. El que és determinant és la batimetria o topografia submarina, ja que bona part del fons marí de l'estret de Sicília està constituït per plataformes que tenen una profunditat màxima de 80 m. Aquestes plataformes constitueixen el vertader llindar entre les dues conques.

El balanç hidrològic de la Mar Mediterrània és negatiu i per tant, constitueix un exemple del que s'anomena *conca de concentració*. Això vol dir que l'evaporació resta més aigua de la que hi arriba provinent dels rius i de les precipitacions. Aquest dèficit queda compensat per l'aigua que arriba de l'Atlàntic i, en menor mesura, però important per a la conca oriental, de l'aigua que arriba del Mar Negre. El Mar Negre o la Mar Negra, té un balanç hidrològic positiu (*conca de dilució*) i aporta aigua dolça a la conca oriental de la Mar Mediterrània a través de l'estret del Bòsfor i de l'estret de Kertx.



Els corrents de convecció. Aigua superficial i aigua profunda a la Mar Mediterrània.

L'excés d'evaporació de la Mediterrània fa incrementar la concentració de sal a l'aigua i eleva la seva densitat. En la conca occidental, a mesura que ens allunyem de l'estret de Gibraltar, l'aigua és més salada i més densa i finalment s'acaba enfonsant quan arriba al llindar de Sicília. Aquest fet provoca uns corrents de convecció que, per una part arrosseguen més aigua superficial procedent de l'Atlàntic, i per altra part generen un corrent d'aigua profunda, densa, salada i amb molts nutrients, que retorna cap a l'Atlàntic. En la conca oriental es produeix un procés similar amb les aigües relativament dolces que, procedents de l'Atlàntic, travessen l'estret de Sicília, i amb la connexió amb la Mar Negra. Així, la Mar Negra aporta aigua dolça a la Mediterrània i també rep aigua salada, provenint de la Mediterrània, a través de corrents profunds.

Termoclina-haloclina. Estacionalitat

La termoclina és una capa, més o menys profunda, que es genera en un medi aquàtic i en la qual es detecta una diferència brusca de temperatura. L'haloclina és una capa, de profunditat variable, que separa bruscament la columna d'aigua en dues zones de salinitat diferent.

Durant les èpoques de calor, primavera-estiu, a la Mar Mediterrània es genera una termoclina-haloclina molt estable. Els corrents que determinen el règim hidrològic, explicats anteriorment, i l'escalfament de les aigües superficials són els factors que determinen l'estabilitat de la termoclina-haloclina.

En arribar la tardor, el canvi de temperatura provoca un refredament de la superfície del mar i es generen també forts vents que afecten la superfície. Aquests factors ambientals, especialment el vent, són responsables del trencament de la termoclina-haloclina i com a resultat, es produeix una barreja de l'aigua profunda i carregada de nutrients amb l'aigua superficial. Aquest fet és determinant per a l'estabilitat de moltes poblacions d'organismes que habiten la Mediterrània i per tant, per a l'equilibri dels seus ecosistemes.

4.- Hàbitats i comunitats

El substrat constitueix la superfície per on els organismes es desplacen, es fixen o s'aguanten. En el medi aquàtic, l'aigua és el fluid que envolta els éssers vius que hi habiten, però alhora constitueix també el substrat per a molts d'ells. A més de l'aigua, en el medi aquàtic hi trobem un altre substrat fonamental: el sòl o fons marí.

Els diferents hàbitats de la Mar Mediterrània i també de qualsevol mar, estan determinats en gran mesura pel substrat. A la Mediterrània, a grans trets, es poden diferenciar quatre hàbitats diferents: **sòls durs**, **sòls de sediment**, **praderies marines** i les **aigües lliures**.

Sòls durs

Malgrat que a nivell mundial els sòls durs constitueixen un percentatge baix en relació a altres substrats, a la Mediterrània són molt importants i especialment en les zones costaneres de Catalunya. Representen un substrat colonitzable per a un gran nombre d'organismes **bentònics** i **sèssils**, que s'hi acaben fixant per constituir comunitats estables. Són considerats sòls durs aquells substrats formats per roques d'origen geològic (*sòls durs primaris*) i també els substrats formats per material d'origen biològic (*sòls durs secundaris*) bàsicament constituïts per dipòsits calcaris provinents de l'estructura o de l'activitat biològica de determinats éssers vius.

Aquests sòls durs solen presentar una elevada diversitat i una ràpida colonització. La llum constitueix un dels factors determinants en la colonització i en l'estructuració de les comunitats que viuen en aquest tipus d'hàbitat.

Sòls de sediment

Els sediments, anomenats també **substrat tou**, configuren la major part del fons marí a nivell global i formen també extensos dominis en la Mar Mediterrània. En funció de la granulometria, es distingeixen: **sediments fins o llims** (granulometria per sota dels 0'004 mm), **sorres** (granulometria entre 0'004 mm i 2 mm) i **graves** (granulometria entre 2 mm i 6 mm). Està clar que molts dels sòls de sediment presenten barreja de partícules de diferent gruix, però en general es pot parlar de tendències; per exemple, **llim pur** o bé **llim sorrenc**.

El grau de moviment de l'aigua determina en gran part la granulometria i alhora, el gruix de les partícules és un factor determinant en la colonització d'aquest tipus de substrat. Els porus que es formen en aquests sòls de sediment permeten que molts organismes colonitzin l'interior del sòl, constituint les comunitats de l'anomenada **mesofauna**. La mesofauna està formada generalment per espècies de petita grandària, al contrari dels organismes de l'anomenada **endofauna**, que són normalment espècies de grandària considerable que solen enterrar el seu cos a dins del sediment, moltes vegades com a estratègia de supervivència o depredació. Els únics habitants visibles d'aquest tipus d'hàbitat són els organismes que pertanyen a l'**epifauna**, que són aquells que viuen damunt de la superfície de sediment.

Praderies marines

Damunt dels sòls tous i ben il·luminats poden créixer plantes superiors de vida submarina. A la Mar Mediterrània s'hi poden trobar cinc espècies d'angiospermes submarines de la família **Potamogetonàcies**, entre elles, l'espècie *Posidonia oceanica*, que és endèmica de la Mediterrània i es desenvolupa formant extenses praderies marines. Aquestes praderies de **Posidònia** constitueixen un dels hàbitats més importants i característics de la Mar Mediterrània.

Els rizomes de la Posidònia formen un substrat ideal i de llarga durada per a molts organismes sèssils que s'hi fixen. Alguns s'alimenten directament de la planta, però la majoria dels organismes que conformen la comunitat de la praderia es nodreixen d'altres organismes i moltes espècies estan ben amagades durant les hores de llum i surten a buscar aliment quan arriba la foscor de la nit.

Aigües lliures

Les aigües lliures constitueixen l'hàbitat més ampli en tots els oceans i també és l'hàbitat més extens de tot el planeta. Tan sols la capa superior, relativament fina, es troba suficientment il·luminada per permetre la fotosíntesi de les algues que hi viuen. Les algues constitueixen els productors en els ecosistemes aquàtics i la seva activitat depèn del grau d'insolació i de la transparència de l'aigua.

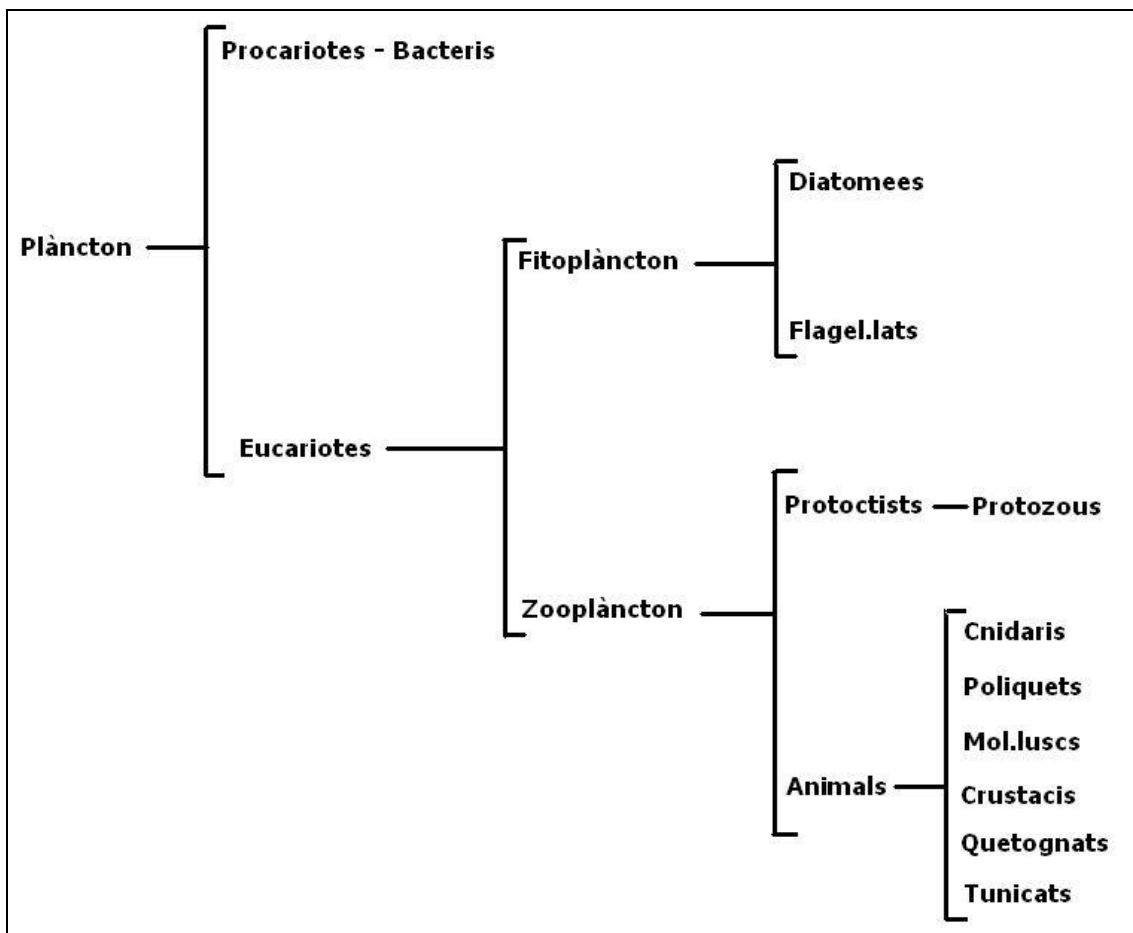
Els habitants les aigües lliures es divideixen en dos grups: **plàncton** i **nècton**. El plàncton està constituït per aquells organismes que suren i es mouen arrossegats pels corrents i les onades. El nècton està constituït per organismes que naden activament i es desplacen a voluntat.

5.- El plàncton

El plàncton està constituït majoritàriament per bacteris, algues unicel·lulars i petits organismes invertebrats que no tenen capacitat de nedar activament. El plàncton simplement sura i es deixa arrossegar pel moviment de l'aigua i majoritàriament es tracta d'éssers de petita grandària. Ara bé, també existeixen organismes planctònics de grandària considerable (megaplàncton), com els sargassos (gen *Sargassum*), que són algues que poden assolir una llargada de 4 metres, en el cas de l'espècie *Sargassum muticum*. També pertanyen al megaplàncton moltes espècies de medusa.

En general el plàncton eucariota es subdivideix en dos grups: **fitoplàncton** (organismes autòtrofs) i **zooplàncton** (organismes heteròtrofs). En el cas dels procariotes, fonamentalment **bacteris**, també cal distingir entre els bacteris autòtrofs i els heteròtrofs.

Segons la fase de desenvolupament dels individus planctònics eucariotes es distingeix entre **holoplàncton** (individus adults) i **meroplàncton** (individus en fase larvària). Els organismes del holoplàncton passen tota la seva vida o cicle vital com a éssers planctònics; en canvi, els organismes del meroplàncton només formen part de la comunitat planctònica durant una fase del seu cicle vital, com a larves de crustacis, equinoderms, peixos (ictioplàncton) etc.



Principals grups d'organismes planctònics.

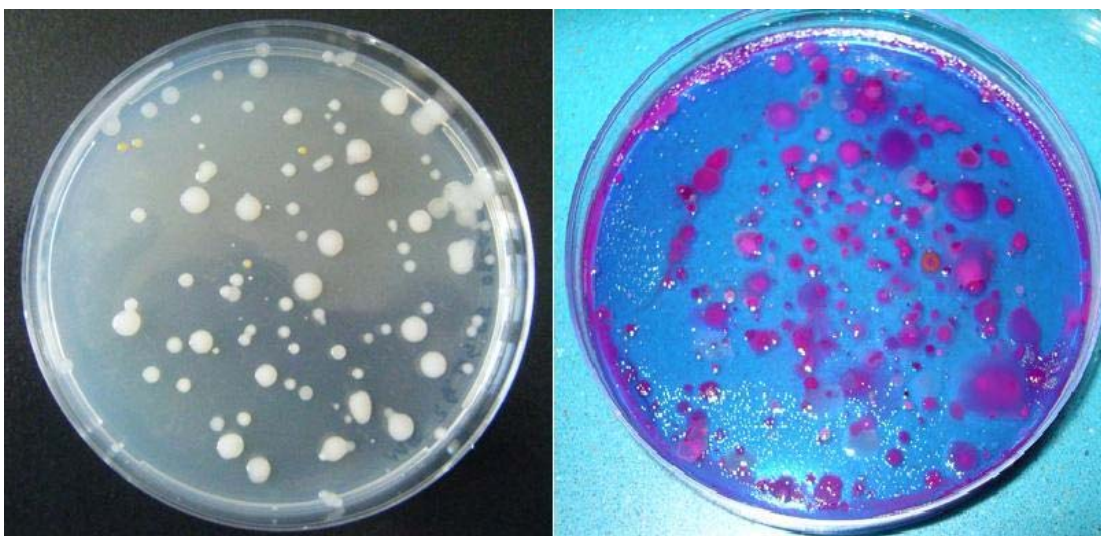
5.1 Bacteris

La majoria dels bacteris marins són heteròtrofs, però existeixen molts bacteris autòtrofs que viuen en els oceans i són responsables de gran part de la producció de matèria orgànica en el mar. Els cianobacteris de l'espècie *Prochlorococcus marinus* passen per ser uns dels organismes més abundants del planeta; viuen en aigües obertes i presenten una densitat entre 70.000 i 200.000 cèl·lules per mil·lilitre.

Els bacteris constitueixen un món en miniatura al si de l'oceà. El conjunt dels organismes visibles a ull nu no són més que la part més elevada d'una enorme piràmide de biomassa microscòpica. La diversitat dels bacteris marins és molt elevada i precisament, l'estudi de la diversitat bacteriana és un bon indicador de la salut, bona o no tan bona, dels ecosistemes marins.

A vegades, el mar també conté bacteris que no són estrictament marins, sinó que provenen de fonts de contaminació relacionades amb l'activitat humana. Les aigües residuals que aboquem al mar transporten bacteris que poden ser detectats a través de mètodes analítics i per tant, constitueixen bons indicadors de determinats tipus de contaminació.

Un dels grups més utilitzats com a indicadors de contaminació fecal de les aigües costaneres són els coliforms. Tot i que aquests bacteris provenen de l'intestí de les persones o d'altres animals, un cop arribats al mar, demostren una gran capacitat de supervivència, malgrat les condicions adverses, especialment pel que fa a la salinitat.



Colònies de bacteris heterotròfics aïllats en medi Agar marí. Mostra d'aigua de platja

Colònies de bacteris coliforms aïllats en medi Agar verd brillant. Mostra d'aigua portuària

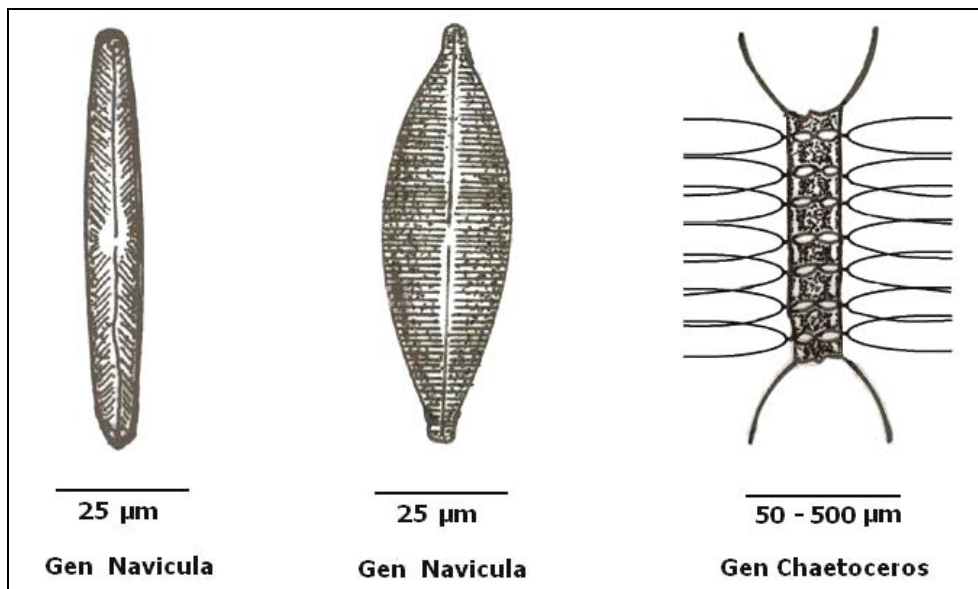
5.2 Fitoplàncton

El fitoplàncton constitueix un món molt divers, però a nivell elemental és necessari acotar i fer referència als grups principals, que per altra banda, són els que normalment es poden observar en les mostres. El fitoplàncton constitueix l'aliment del zooplàncton, del qual depenen la resta d'animals marins i com que l'activitat fotosintètica depèn de la llum, el fitoplàncton ocupa les aigües més superficials.

Diatomees

Les diatomees són algues unicel·lulars que es troben àmpliament distribuïdes en el medi aquàtic marí i també en aigües continentals. Existeixen diatomees que suren lliurement a l'aigua i altres que són bentòniques i es fixen a substrats durs i en sediments. Les diatomees són organismes molt sensibles a les variacions físico-químiques de l'aigua i actualment comencen a ser utilitzades com a bioindicadors de la qualitat de l'aigua.

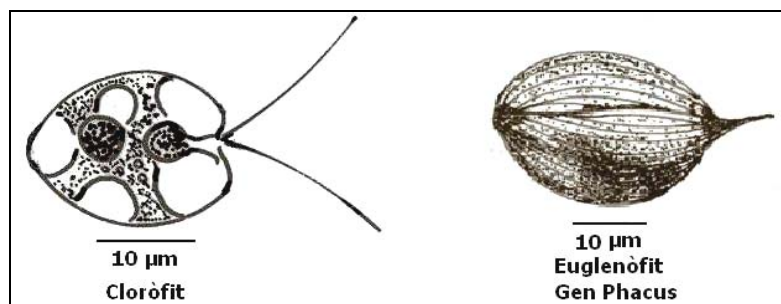
La identificació de les diatomees es basa principalment en l'estructura de l'esquelet silícic que recobreix la cèl·lula.



Alguns dels generes de diatomees habituals de les mostres d'aigua de mar de la mediterrània.

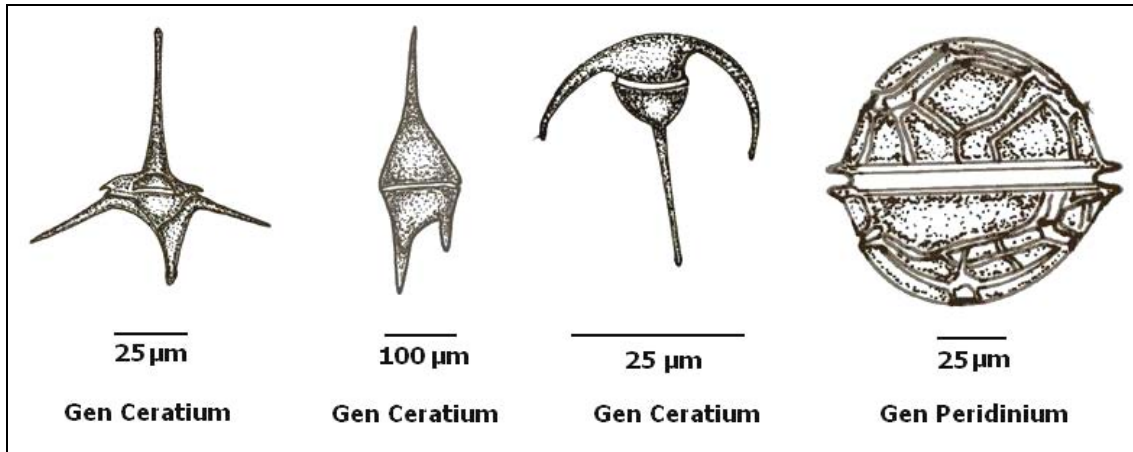
Flagel·lats

El nom de flagel·lat és aplicable a un gran nombre d'organismes ben distints. Els flagel·lats que formen part de fitoplàncton contenen pigments fotosintètics i bàsicament pertanyen als grups Cloròfits, Crisòfits, Euglenòfits i Dinoflagel·lats.



Els Dinoflagel·lats són organismes unicel·lulars amb una coberta cel·lular complexa, que presenta solcs ben marcats. Algunes espècies presenten plaques de cel·lulosa a la coberta, fet que els proporciona un aspecte d'armadura.

Malgrat que no tots els Dinoflagel·lats són fotosintètics, moltes espècies si que ho són i constitueixen, juntament amb les diatomees, un dels grups més abundants i diversos del fitoplàncton marí.



Alguns dels dinoflagel·lats que es poden observar en mostres d'aigua de mar de la mediterrània.

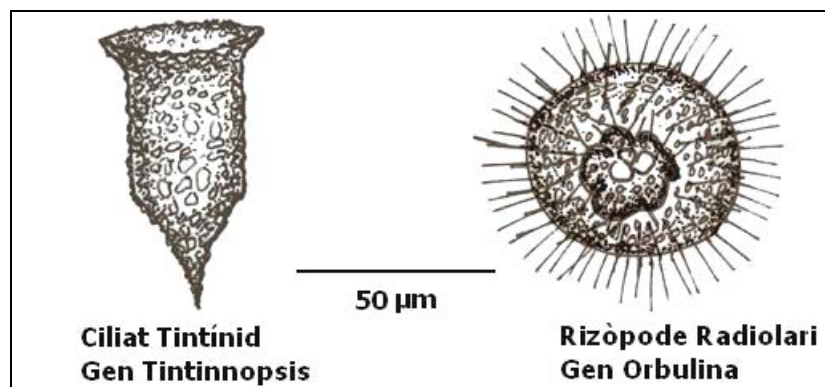
5.3 Zooplàncton

El zooplàncton és el conjunt d'organismes protoctists o animals que es troben en suspensió en les aigües marines o continentals i que tenen nutrició heteròtrofa. Tots els ecosistemes marins depenen del zooplàncton, ja que aquest s'alimenta del fitoplàncton i a la vegada, constitueix l'aliment de molts altres animals. L'activitat del zooplàncton es desenvolupa també en les aigües superficials, ja que necessita atrapar el fitoplàncton i per tant, s'ha de moure en aquesta zona.

Els organismes del zooplàncton, malgrat que poden arribar a tenir grandària macroscòpica, han de ser prou petits per evitar d'enfonsar-se amb facilitat. Els individus més grans solen tenir mecanismes per evitar ser massa densos: cossos gelatinosos, acumulacions de greixos i de gas etc.

Protozous

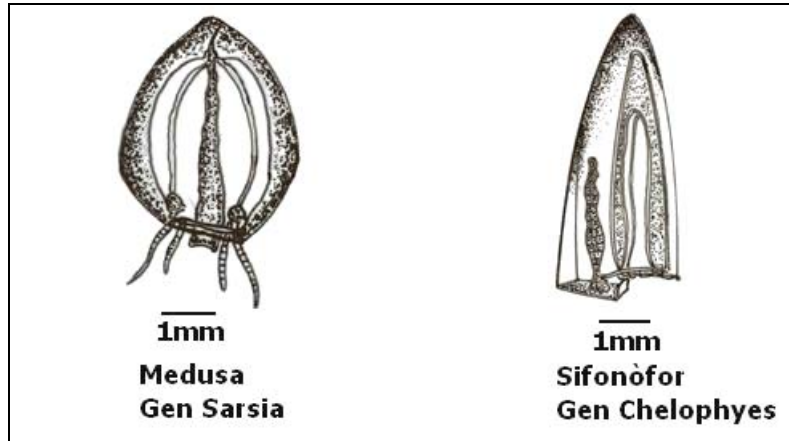
Bàsicament hi ha dos grups de protozous que formen part del plàncton: els **ciliats** i els **rizòpodes**.



Alguns dels protozous que es poden observar en mostres d'aigua de mar de la mediterrània.

Cnidaris

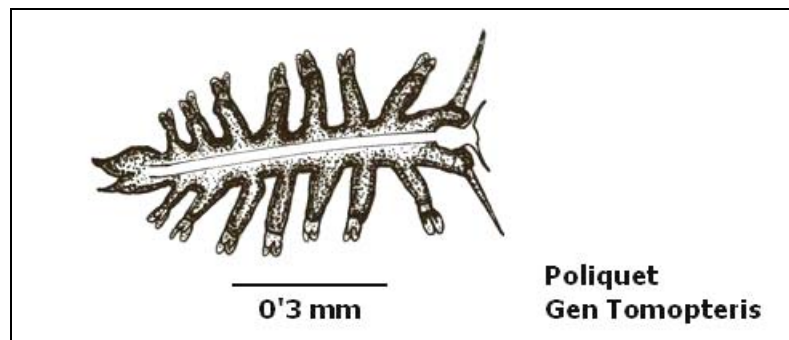
Entre els Cnidaris que formen part del plàncton s'hi troben les meduses petites o hidromeduses i els sifonòfors. També les grans meduses són planctòniques, però formen part del megaplàncton.



Alguns dels cnidaris que es poden observar en mostres d'aigua de mar de la mediterrània.

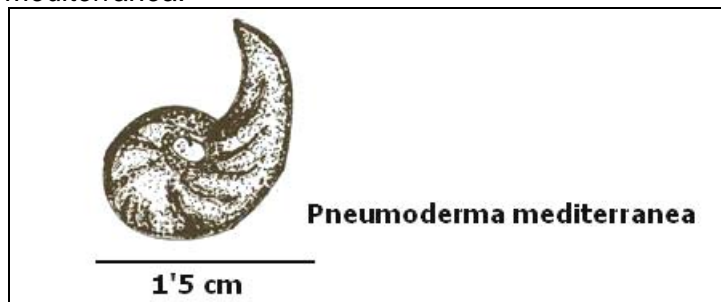
Poliquets

Animals anèl·lids que generalment són bentònics, però algunes espècies formen part del plàncton. No són massa freqüents, però el gènere *Tomopteris* es pot veure habitualment.



Mol·luscs

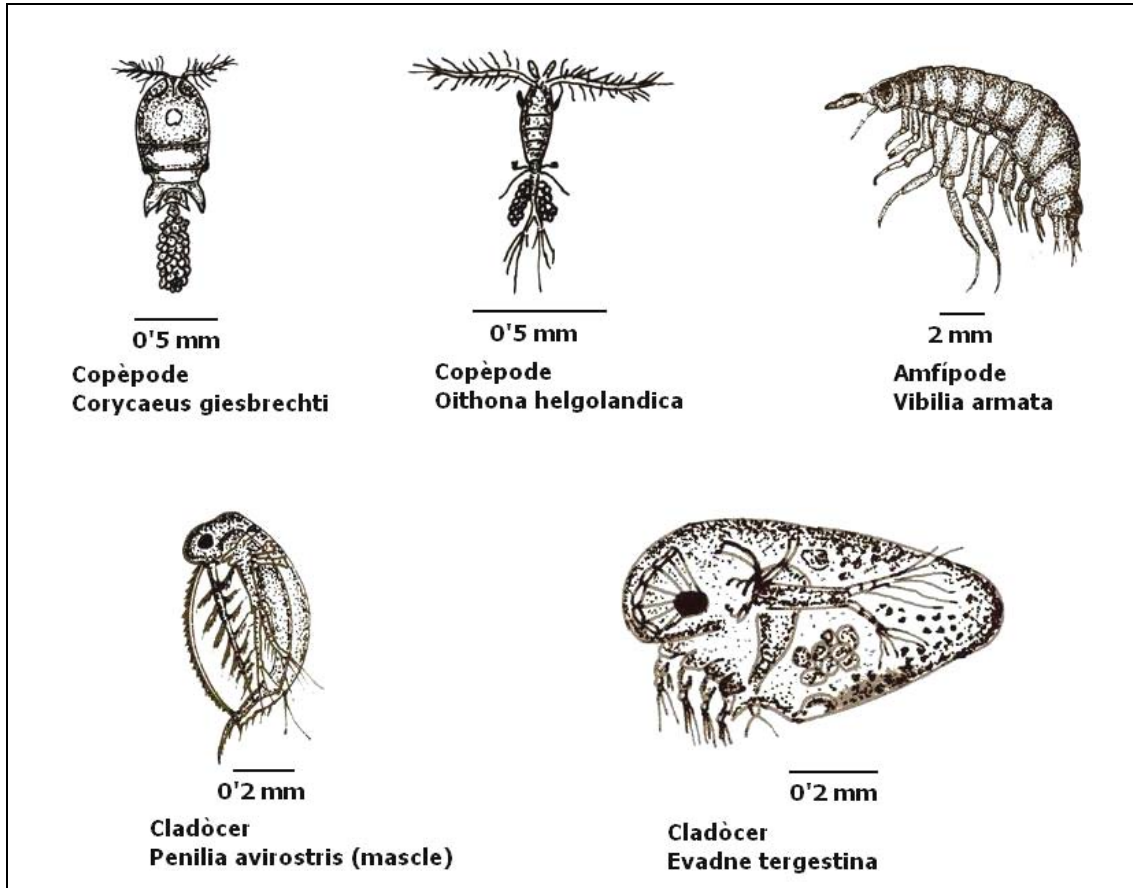
En el plàncton es poden trobar formes larvàries de mol·luscs. Alguns grups tenen representants prou petits com per formar part del zooplàncton. És el cas de l'espècie *Pneumoderma mediterranea*.



Crustacis

Els crustacis són els organismes principals del zooplàncton. Els grups més importants són: copèpodes, cladòcers, amfípodes, ostracodes, misidacis, isòpodes i cumacis.

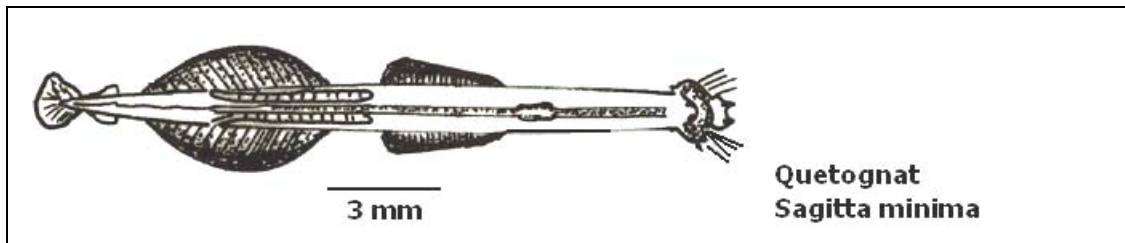
La major part dels crustacis del zooplàncton són copèpodes, dels quals existeixen una gran quantitat d'espècies diferents.



Alguns dels crustacis que es poden observar en mostres d'aigua de mar de la mediterrània.

Quetògnats

Els quetògnats són animals exclusivament marins, de cos allargat. Són depredadors d'altres animals planctònics.



6.- Diversitat i valoració de l'estabilitat dels ecosistemes marins.

Els ecosistemes estables varien poc al llarg del temps i les biomasses de les espècies que conformen la comunitat es mantenen més o menys constants. La diversitat és un paràmetre que es relaciona directament amb la varietat d'espècies i amb l'abundància relativa d'aquestes espècies. Per tant, en un ecosistema estable, la diversitat s'ha de mantenir estable.

Els desastres ecològics provoquen sempre una disminució de la diversitat i de fet, la pèrdua de biodiversitat és un dels principals problemes mediambientals amb que ens enfrontem els humans.

La diversitat bacteriana d'un ecosistema marí i la diversitat del plàncton són valors que permeten valorar la seva estabilitat o la seva evolució. A mesura que evoluciona una successió primària o secundària en un substrat marí, la diversitat sol augmentar. Per contra, la contaminació d'un determinat ambient o la desestructuració d'un fons marí per exemple, sol comportar una disminució de la diversitat.

Si bé el terme biodiversitat correspon a un concepte més aviat intuïtiu (varietat d'espècies en el seu ambient natural), el concepte de diversitat és precís. La diversitat es pot calcular i per tant, dels valors de diversitat se'n poden treure conclusions també precises.

Càlcul de la diversitat

La diversitat en una comunitat és la probabilitat que, en prendre una mostra a l'atzar de la comunitat, cada individu sigui d'una espècie diferent.

La diversitat és per tant, un valor d'incertesa, que és màxima en situacions hipotètiques d'equifreqüència (absència de dominància) entre les diferents poblacions que conformen una comunitat. Podem considerar però, que la diversitat també depèn d'altres factors, com per exemple la possibilitat de les espècies de relacionar-se i interactuar entre elles i per tant, la diversitat estaria també en funció de l'abundància i densitat de les diferents espècies.

Existeixen diversos índex per calcular la diversitat, que són útils en funció de les característiques de la comunitat analitzada i del que es vol avaluar.

a) L'índex Shannon

Segons Shannon, la diversitat (H'), expressada en bits/individu, d'una comunitat amb i espècies, on N_i és el nombre d'individus de cada espècie i N_t el total d'individus de la comunitat, es pot calcular de la següent manera:

Si $p_i = N_i/N_t$,

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

b) L'índex de Brillouin

Segons Brillouin, en una comunitat amb un total de N_t individus, i en la qual $N_1, N_2, N_3, N_4, \dots, N_i$ és el nombre d'individus de cada espècie, la diversitat es pot calcular segons l'expressió:

$$H = \frac{1}{N_t} \log_2 \frac{N_t!}{N_1! N_2! N_3! N_4! \dots N_i!}$$

Aquesta expressió dóna un valor de diversitat, expressat en bits/individu, en una comunitat formada per I espècies diferents. H és l'anomenat índex de diversitat de Brillouin.

c) Comportament i comparació del resultat matemàtic dels índex de Shannon i Brillouin

La diferència entre els dos índexs és, bàsicament, que l'índex de Shannon, si és manté la freqüència relativa, no és sensible a la variació de N_i (abundància). L'índex de Shannon dóna el mateix tant si $N_1=10; N_2=30$ i $N_3=4$, com que $N_1=1000; N_2=3000$ i $N_3=400$. En canvi, l'índex de Brillouin, per a freqüències relatives equivalents, disminueix a mida que disminueix l'abundància. Si es treballa amb valors d'abundància suficients, els dos índexs són més o menys equivalents, i a més, es pot demostrar matemàticament que els dos índex són equivalents quan el nombre d'individus de cada espècie (N_i) tendeix a infinit o simplement a valors molt alts (Condicció de Stirling).

c) Interpretació dels valors matemàtics dels índex de Shannon i Brillouin

Segons E.C. Pielou, Si N i N_i són valors perfectament coneguts, com el cas d'una mostra concreta o un ecosistema petit, l'índex de Brillouin ens dóna un valor de diversitat vertader de la mostra o de l'ecosistema. Ara bé, en la majoria d'ecosistemes és impossible conèixer perfectament el valor de N i N_i ; i per tant, el càlcul de diversitat de Brillouin no té massa sentit, en principi. Si es pren una mostra, Brillouin dóna el valor de diversitat de la mostra, però no el valor de diversitat de l'ecosistema. Què es pot fer? Es pot considerar que el mostreig és perfectament representatiu i per tant, que els valors N_i de la mostra són indicatius de la freqüència relativa de cada espècie. Es podria per tant, multiplicar per un mateix factor tots els valors N_i , fer-los molt més grans i aplicant el càlcul de Brillouin tindríem un valor de diversitat de l'ecosistema. Ara bé, quan els valors N_i són grans, la fórmula de Brillouin resulta feixuga de calcular, per culpa dels factorials. Una senzilla demostració permet afirmar que per a valors alts de N_i , el valor de l'índex de Brillouin és idèntic al valor de l'índex de Shannon i per tant, en lloc d'utilitzar la feixuga fórmula de Brillouin, es pot utilitzar la de Shannon, molt més fàcil de calcular.

Aquestes consideracions estan d'acord amb la idea d'en E.C. Pielou, segons la qual, l'índex de Brillouin dóna la diversitat de la mostra i l'índex de Shannon permet valorar la diversitat de l'ecosistema mostrejat.

Demostració matemàtica de la coincidència dels índex de Shannon i Brillouin per a valors molt elevats de Ni .

(Santi Gonzalez – Departament de Matemàtiques Fundació Collserola)

Es considera l'índex de Brillouin com:

$$H = \frac{1}{N} \cdot \ln \left(\frac{N!}{N_1! \cdot N_2! \cdot N_3! \cdot \dots \cdot N_k!} \right) \text{ on } N \text{ és el nombre total d'individus que formen}$$

l'ecosistema determinat , tenint en compte que $N = N_1 + N_2 + \dots + N_k$ de forma que cada N_j és el nombre total d'individus d'una espècie diferent i k és el total d'espècies diferents en la biodiversitat corresponent.

D'una altra banda, es considera l'índex de Shannon, com $H' = -\sum_{j=1}^k p_j \cdot \ln p_j$ on

$p_j = \frac{N_j}{N}$ és la proporció d'individus de cada espècie respecte el total d'individus de l'ecosistema.

El que es vol demostrar és precisament que $\lim_{N_1, N_2, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{H}{H'} = 1$, és a dir, que per valors molt grans de N i de cada N_j per $j=1, \dots, k$, els dos índexs coincideixen.

Aplicant propietats dels logaritmes

$$\lim_{N_1, N_2, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{H}{H'} = \lim_{N_1, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{N} \cdot \ln \left(\frac{N!}{N_1! \cdot \dots \cdot N_k!} \right)}{-\sum_{j=1}^k p_j \cdot \ln p_j} = \lim_{N_1, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{N} \cdot \left(\ln N! - \sum_{j=1}^k \ln N_j! \right)}{-\sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln \left(\frac{N_j}{N} \right) \right)} =$$

$$= \lim_{N_1, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{N} \cdot \left(\ln N! - \sum_{j=1}^k \ln N_j! \right)}{-\sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln \left(\frac{N_j}{N} \right) \right)} = \lim_{N_1, N_2, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{N} \cdot \left(N \cdot \ln N - N - \sum_{j=1}^k (N_j \cdot \ln N_j - N_j) \right)}{-\sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln \left(\frac{N_j}{N} \right) \right)}$$

Per valors molt grans de N_1, \dots, N_k i per tant de N , es compleix la fórmula de Stirling i per tant es pot

assegurar que es compleix que $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\ln N!}{N \cdot \ln N - N} = 1$

$\Rightarrow \lim_{N \rightarrow \infty} \ln N! = \lim_{N \rightarrow \infty} (N \cdot \ln N - N)$

$$\begin{aligned}
 &= \lim_{N_1, N_2, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{N} \cdot \left(N \cdot \ln N - N - \left(\sum_{j=1}^k N_j \cdot \ln N_j \right) - \sum_{j=1}^k N_j \right)}{- \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln \left(\frac{N_j}{N} \right) \right)} = \lim_{N_1, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{N} \left(N \ln N - \sum_{j=1}^k N_j \cdot \ln N_j \right)}{- \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln \left(\frac{N_j}{N} \right) \right)} = \\
 &= \lim_{N_1, N_2, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\ln N - \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \ln N_j \right)}{- \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln \left(\frac{N_j}{N} \right) \right)} = \lim_{N_1, N_2, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\ln N - \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \ln N_j \right)}{- \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot (\ln N_j - \ln N) \right)} \\
 &= \lim_{N_1, N_2, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\ln N - \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \ln N_j \right)}{- \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln N_j \right) + \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln N \right)} = \lim_{N_1, N_2, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\ln N - \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \ln N_j \right)}{- \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln N_j \right) + \frac{\ln N}{N} \sum_{j=1}^k N_j} \\
 &= \lim_{N_1, N_2, \dots, N_k \rightarrow \infty} \frac{\ln N - \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \ln N_j \right)}{- \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j}{N} \cdot \ln N_j \right) + \ln N} = 1
 \end{aligned}$$

Tal i com es volia demostrar.

Això assegura que, si es disposa de i espècies diferents i els valors de les poblacions (N_i) són considerablement grans, es pot assegurar que els dos índexs, Shannon i Brillouin, tendeixen al mateix valor i són per tant equivalents.

7.- Aspectes mediambientals. Amenaces i oportunitats

La Mediterrània és una mar rica i diversa i en els seus ecosistemes hi viuen una gran varietat d'espècies, moltes d'elles endèmiques. La Mar Mediterrània té un gran valor ecològic que alhora és un autèntic tresor per als ciutadans dels països mediterranis, per als nombrosos visitants que cada any s'hi acosten provinents d'arreu i també, molt important, per a les generacions futures. La Mar Mediterrània és per tant, un entorn amb moltes oportunitats i per a molta gent. Però també és un entorn amenaçat i aquestes amenaces també són moltes i diverses.

Els principals valors de la Mar Mediterrània, aquells que permeten parlar d'oportunitats, es poden resumir de la següent manera:

- Cultura.
- Clima
- Turisme
- Possibilitat de desenvolupament econòmic i social.
- Biodiversitat i recursos marins

Fer un llistat de les principals causes de la degradació mediambiental de la Mediterrània és una activitat un poc atrevida, ja que hom corre el risc de deixar-ne alguna fora de la llista. De tota manera i de forma resumida, es pot afirmar que algunes de les principals amenaces que afecten la Mar Mediterrània són les següents:

- Eutrofització
- Contaminació
- Petroli
- Destrucció del litoral
- Sobrepesca i tècniques de pesca destructives
- Aqüicultura
- Activitats turístiques no sostenibles
- Canvi climàtic
- Espècies forasteres
- Extracció de sorra i graves
- Transport marítim

Molts d'aquests valors i amenaces no són pas exclusives per a la Mar Mediterrània, sinó que poden aplicar-se a altres ambients, però no és menys cert que tenen una especial significació en la majoria de mars interiors i especialment en la Mediterrània.

7.1 Els valors

La Mar Mediterrània connecta tres continents, Europa, Àfrica i Àsia i durant milers d'anys els recursos d'aquesta mar han propiciat l'activitat econòmica i l'intercanvi cultural entre tots els països que conformen les seves costes. És evident que la Mediterrània té valors, i el fet de mantenir-los com a tals ha estat i és d'una importància cabdal per a tots els seus habitants, especialment per a les persones.

La costa mediterrània, de 46.000 km, ha estat testimoni de moltes de les civilitzacions antigues del món i ha estat escenari dels episodis històrics que han acabat conformant bona part de la cultura de la humanitat.

La Mediterrània ha estat escenari també del desenvolupament econòmic i de la prosperitat de les terres que l'envolten. El fet de mantenir l'entorn en un bon estat

mediambiental és bàsic per al manteniment dels patrons de desenvolupament econòmic de tots els països mediterranis. Un desenvolupament que es basa en el clima benigne, la riquesa cultural i la bellesa de les costes. Milions de turistes visiten periòdicament la mediterrània, fent que el sector turístic sigui essencial per a l'economia de la regió. L'activitat turística és per tant, un valor important de la Mediterrània.

Ara bé, probablement el valor més important de la Mediterrània, des dels punts de vista social, econòmic, turístic i mediambiental, és la gran biodiversitat de recursos marins.

Biodiversitat i recursos marins

La gastronomia popular distingeix clarament entre les varietats de peix i marisc mediterrànies i altres de similars, però procedents d'altres mars i oceans. No és el mateix, diuen i amb raó, el lluç de la Mediterrània que el lluç de l'Atlàntic; no és el mateix la gamba de Palamós que les varietats que provenen del Pacífic. I així, es podrien anomenar moltes altres espècies marines de gran valor comercial, que són apreciades precisament pel seu origen mediterrani. La biodiversitat de la Mediterrània és per tant, un valor quantificable i al mateix temps, un valor que va ser definit, en gran part, per la història geològica d'aquesta mar, particularment durant els períodes en que es va separar de l'Atlàntic.

Molts dels ecosistemes mediterranis presenten una gran biodiversitat i un alt grau d'endemismes, però alhora són també hàbitats molt vulnerables a les activitats humanes. Les praderies de Posidònia són d'una gran importància per al desenvolupament embrionari i de formes larvàries de moltes espècies d'animals marins. Els substrats durs també són ecosistemes d'una alta diversitat i constitueixen l'hàbitat de moltes formes de vida, que a la vegada són font d'aliment d'altres animals. El mateix es pot dir dels fons de sediment i de les aigües obertes d'alta mar.

La Mediterrània, malgrat ser una mar pobra en nutrients, té uns ecosistemes extraordinàriament diversos i una gran quantitat d'espècies endèmiques. El valor de la biodiversitat de la Mar Mediterrània és per tant, inqüestionable. Les espècies mediterrànies constitueixen un 6'2% de les espècies marines del planeta, malgrat que la Mar Mediterrània tan sols representa un 0'82% de l'aigua oceànica de la Terra.

7.2 Les amenaces

El fet que tants milions de persones, de tres continents, habitin la costa mediterrània ha suposat, especialment en els últims temps, un ús intensiu de la Mar Mediterrània i aquesta activitat humana es desenvolupa en diferents fronts, pesca, turisme, transport etc. Com a conseqüència, els ambients marins es troben sotmesos a una gran pressió destructiva. La Mar Mediterrània necessita, ara més que mai, que les activitats humanes que l'afecten i l'exploten siguin sostenibles; si no és així, morirà i els valors que té i que atorguen oportunitats a la gent que hi viu es perdran, probablement per sempre.

Un dels problemes més importants de la Mar Mediterrània és la pèrdua de la seva biodiversitat. Està clar que la biodiversitat és probablement el valor més important de la Mar Mediterrània, ja que de la biodiversitat en depenen directa o indirectament la resta de valors que s'han descrit. Si entenem que és així, cal fer èmfasi en el fet que totes les amenaces que configuren el llistat esmentat anteriorment i que ara

s'explicaran amb més de detall, són també amenaces directes a la biodiversitat d'aquesta mar.

Eutrofització

S'entén per eutrofització l'enriquiment del medi aquàtic per nutrients i matèria orgànica. Inicialment, l'acumulació de nutrients inorgànics és habitualment el primer pas del procés d'eutrofització de les aigües; l'acumulació, principalment de nitrats i fosfats, permet el ràpid creixement d'algues i conseqüentment de la producció primària, la qual cosa incrementa la biomassa i la matèria orgànica morta. Aquesta situació permet el desenvolupament de gran quantitat de microorganismes descomponedors que redueixen notablement l'oxigen dissolt a l'aigua. En casos extrems, el medi pateix una manca d'oxigen important (anòxia), que fa impossible el desenvolupament d'altres organismes.

La Mar Mediterrània és d'entrada una mar pobra en nutrients, però les zones litorals reben una gran quantitat de residus en forma de nutrients que provenen de diverses fonts. El resultat és l'eutrofització progressiva de determinades àrees i el desenvolupament excessiu d'algues en aquests indrets.

L'eutrofització és un procés que pot tenir per tant, origen divers i en els apartats que segueixen apareix quasi sempre com un dels resultats finals d'altres processos de desestabilització.

Contaminació

La Mar Mediterrània pateix la contaminació provinent de moltes àrees i de manera especial de la indústria, l'agricultura i de les ciutats. També del transport marítim i de les explotacions petroleres.

L'intercanvi d'aigua entre la Mediterrània i l'Atlàntic és limitat i per tant, la Mar Mediterrània té una certa facilitat en acumular contaminants i una gran dificultat per eliminar-los o simplement, dispersar-los. Això fa que la Mediterrània sigui una mar especialment sensible a la contaminació.

Els productes químics abocats a la mar provenen sovint d'indrets llunyans, transportats pels rius. Així, arriben tòxics generats per l'agricultura, com els pesticides, herbicides i especialment els residus dels abonaments químics que s'utilitzen en les explotacions agropecuàries. La indústria genera també gran quantitat de substàncies que són abocades als rius, generalment sense control. Les explotacions agrícoles i les indústries ubicades en zones costaneres aboquen sovint milers de tones de residus directament a l'aigua del mar. És veritat que, en aquest sentit, hi ha diferències entre els diferents països que conformen la riba de la Mediterrània, producte de les diferents legislacions i de la diferència de nivell social i econòmic.

La contaminació fecal, provinent de les àrees urbanes, és també un motiu de preocupació molt important. No totes les ciutats costaneres compten amb depuradores d'aigües residuals i curiosament, les ciutats o pobles més petits, que no tenen cap tipus d'instal·lació depuradora, solen contaminar més la mar que no pas algunes grans ciutats, les quals solen estar equipades amb bons sistemes de tractament d'aigües provinents del clavegueram.

Les anomenades escombraries marines són els materials sòlids, generalment plàstics i altres productes difícilment degradables, que són finalment adquirits pel medi marí. Pot semblar a vegades que determinats residus deixats en una platja constitueixen més un

problema de paisatge que no pas un problema real de contaminació. Algú podria pensar que un plàstic, al cap i a la fi, no perjudica a ningú, malgrat que no queda precisament bonic al mig de la sorra. Ara bé, això no és així, ja que els plàstics poden anar a parar finament al mar i constituir un autèntic perill per a la supervivència de peixos, tortugues i aus marines. Es coneixen més de dues-centes espècies de la Mar Mediterrània que habitualment o ocasionalment han esta afectades de manera important per les escombraries marines.

Els metalls pesants constitueixen un dels tipus de contaminació més perillosos, ja que arriben fàcilment a la cadena alimentària i es produeixen dues conseqüències importants: l'acumulació i l'amplificació dels índex de metalls pesants en els teixits dels organismes marins. Els metalls s'acumulen en els organismes que adquireixen aquests contaminants de manera proporcional a la quantitat ingerida, per tant es produeix una **acumulació** progressiva, ja que l'eliminació d'aquests metalls en els teixits contaminats és difícil i lenta. A més, a mesura que es progressa en la cadena alimentària, des d'un nivell tròfic inferior a un nivell tròfic superior, s'observa una **amplificació** dels índex de contaminació dels teixits. Una au marina que consumeixi peix contaminat presentarà un índex propi de contaminació en els seus teixits molt superiors a l'índex de contaminació del peix consumit.

Els principals metalls pesants que contaminen les aigües de la Mediterrània i també d'altres mars són: mercuri, cadmi, coure i plom.

Els anomenats productes tòxics permanents són aquells que resisteixen molt bé els processos de degradació, per la qual cosa són molt difícils d'eliminar del medi. Un dels exemples més importants és el DDT, un insecticida emprat arreu per combatre plagues o fins i tot malalties com la malària. Aquests contaminants actuen de manera similar als metalls pesants pel que fa a l'acumulació i amplificació dels índex de contaminació dels organismes. Tot i que actualment no s'utilitza massivament el DDT, els seus efectes nocius van afectar de manera tant important algunes poblacions d'organismes marins, que encara no es pot parlar de recuperació i molt probablement alguns dels danys són ja irreversibles.

Els principals productes tòxics permanents que actualment contaminen més o menys incontroladament les aigües de la Mediterrània són: PCB (bifenil policlorat), emprat com a líquid refrigerant i aïllant, i el TBT (tributilestany), emprat com a producte tòxic en les pintures i vernissos per a recobrir el casc dels vaixells.

Petroli

La Mar Mediterrània té un índex preocupant de contaminació per petroli. El petroli és nociu per a la majoria de sistemes biològics i es considerat un dels contaminants més perillosos.

La contaminació per petroli es deu a pèrdues en els camps petrolers, accidents de vaixells, neteja dels tancs de vaixells, combustible de màquines i altres. Les zones de la Mediterrània properes a les refineries i ports estan generalment contaminades amb petroli o derivats. Algunes zones de Grècia pateixen contaminació crònica i algunes platges han deixat de ser útils per al turisme com a conseqüència de l'acumulació de petroli en les seves aigües. Un exemple més de com la contaminació pot afectar negativament el desenvolupament econòmic d'una determinada zona costanera de la Mediterrània o de qualsevol altra mar.

Segons diverses fonts d'informació, entre 120.000 tones i 600.000 tones de petroli acaben abocades cada any en la Mar Mediterrània. El resultat és la mort de moltes

espècies animals i vegetals marines i litorals i l'impacte econòmic sobre els recursos pesquers és extraordinàriament important.

Destrucció del litoral

La zona del mar més rica i productiva és també la més propera a la costa: la zona litoral. La riquesa del litoral ha estat aprofitada per les persones des de temps ben antics, però en els darrers decennis, el litoral ha sofert un seguit de vertaders atemptats d'origen humà, que han deixat les zones costaneres de la Mediterrània en una situació d'amenaça i degradació molt importants.

El litoral mediterrani ha sofert una urbanització massiva i descontrolada, amb una gran presència de ports esportius i comercials que han afectat lògicament la dinàmica d'aquest litoral. Moltes vegades, el problema rau en una deficient planificació i a una falta de previsió dels efectes mediambientals de les actuacions urbanístiques i portuàries.

L'erosió del litoral, que afecta greument els substrats tous de sorra i grava, és una de les conseqüències directes de la deficient planificació de l'urbanisme costaner. Gran part del litoral mediterrani, molt especialment a Catalunya, pateix una regressió deguda a l'erosió.

Sobrepesca i tècniques de pesca destructives

La Mar Mediterrània és caracteritzada per una alta biodiversitat i un elevat grau d'endemismes, però també per una baixa taxa de nutrients i una baixa productivitat. Aquests dos últims factors fan que les poblacions tinguin una abundància relativament baixa també. En definitiva, a la Mediterrània hi ha varietat d'espècies, però amb una baixa densitat de població.

Els països mediterranis, especialment Itàlia, França i Grècia tenen grans flotes pesqueres i l'explotació de la mar és intensa. El grau de sofisticació tècnica dels vaixells de pesca ha millorat molt en els últims temps i conseqüentment, el volum de peix capturat per vaixell s'ha incrementat. Sonars, helicòpters i altres mètodes de localització de bancs de pesca són utilitzats de manera sistemàtica i en conseqüència, les reserves de peix han disminuït notablement en els darrers anys.

La pesca d'exemplars joves, que moltes vegades no han tingut temps de reproduir-se ni una sola vegada, fa que els pocs animals adults que queden siguin incapaços de mantenir la població. Probablement, les grandàries mínimes establertes per la Unió Europea no són adients per poder resoldre el problema i en un futur, que no pot ser massa llunyà, caldrà limitar determinats sistemes de pesca que no són prou selectius. Un exemple d'aquests mètodes no selectius són les **xarxes d'arrossegament**.

La **pesca d'arrossegament** o **pesca a ròssec** és un sistema de pesca que consisteix en arrossegar pel fons marí una xarxa enganxada en una barca. L'objectiu és principalment la pesca de marisc, però també es pesquen d'aquesta manera molts altres tipus de peix. Les xarxes trencades constitueixen d'entrada un problema d'escombraries que resten en el fons marí i dificulten moltíssim la seva recuperació. L'arrossegament malmet el fons marí i l'explotació intensiva fa que moltes vegades no hi hagi temps de recuperació de la comunitat original dels substrats destruïts per aquest tipus d'art de pesca.

Les **xarxes de deriva** són cortines invisibles que suren al mar amb l'objectiu de pescar una gran varietat de peix de valor comercial. El problema està en que aquestes xarxes resulten ser també trampes mortals per a moltes espècies de mamífers marins, tortugues i altres de les anomenades **espècies no objectiu** de la pesca. Probablement, les xarxes de deriva constitueixen la tècnica de **pesca no selectiva** per excel·lència i per aquest motiu, la Convenció Internacional per a la Conservació de la Tonyina Atlàntica (ICCAT, en anglès) ha prohibit definitivament l'ús de xarxes de deriva en tota la Mar Mediterrània. Teòricament, la UE ja tenia una llei que prohibia la utilització de xarxes de deriva, en vigor des de l'any 2002.

Aqüicultura

L'aqüicultura és l'acció de criar amb finalitats comercials recursos hidrobiològics com peixos, mol·luscs, crustacis i algues en ambients controlats. L'indústria de l'aqüicultura en la Mediterrània produeix cada any milions de tones de peix i marisc, però els efectes secundaris d'aquesta cria marina són molt importants.

L'acumulació de partícules nutritives no utilitzades incrementa la concentració de matèria orgànica (eutrofització), fet que implica una alteració en l'equilibri d'oxigen, especialment en les zones de fons marí. Aquesta eutrofització és responsable del desenvolupament i ràpida extensió de malalties diverses que afecten a moltes espècies marines. Aquestes malalties estan relacionades bàsicament amb diferents tipus d'infecció vírica i bacteriana i també amb la proliferació d'algues tòxiques, afavorides en el seu desenvolupament per la presència en excés de matèria orgànica.

Activitats turístiques no sostenibles

Les platges de la Mediterrània són una de les principals destinacions turístiques del món. L'atractiu turístic és un valor, del qual s'ha parlat anteriorment, però algunes de les activitats relacionades amb el turisme representen una seriosa amenaça i curiosament, no només pels ecosistemes, entesos sovint i equivocadament com unes entitats distants i alienes a la vida quotidiana dels ciutadans, sinó que les males pràctiques turístiques són perjudicials per a la pròpia indústria turística.

Entre les males pràctiques en relació al turisme, es poden destacar les següents: el consum excessiu d'aigua dolça i de boca per a camps de golf i piscines privades; control insuficient de les deixalles, degut a la insuficiència durant l'estiu de les infraestructures que si són adequades a l'hivern; extracció excessiva d'aigua dels aqüífers; increment del soroll submarí, degut a l'excés de practicants de submarinisme, esquí aquàtic, pesca esportiva i altres pràctiques; excés de circulació d'embarcacions a motor i ancoratge en zones de praderies marines.

Probablement caldrà limitar algunes de les activitats de lleure a nivells sostenibles per tal d'evitar precisament l'exhauriment progressiu de les pròpies destinacions turístiques.

Canvi climàtic

Els impactes potencials del canvi climàtic sobre els sistemes marins constitueixen una de les problemàtiques ambientals que actualment preocupen seriosament a la comunitat científica. Les activitats de recerca en aquest sentit són diverses, des dels impactes mediambientals a les zones polars, fins als efectes que l'increment de temperatura del planeta pot tenir en els mars tropicals. També les conseqüències del

canvi climàtic poden afectar la Mediterrània, especialment pel que fa a canvis de salinitat, circulació d'aigües superficials i profundes, dinàmica estacional, migracions de fauna i flora, pèrdua de biodiversitat i altres.

Malgrat que els canvis potencials no es coneixen encara prou bé, els models teòrics alerten de possibles alteracions. En aquest sentit, diverses fonts d'informació tècnica pronostiquen que un increment de 0'05 a 0'1 °C pot implicar canvis en la dinàmica de les zones profundes de la Mar Mediterrània. Els efectes són encara poc previsibles, però les alarmes no paren de sonar.

Espècies forasteres

Les espècies introduïdes, al·lòctones o forasteres competeixen amb les espècies autòctones per l'aliment i el territori. Aquest fet implica canvis en l'estructura de les comunitats i alteració dels hàbitats.

La taxa d'introducció d'espècies forasteres és alta a la Mediterrània, ja sigui natural, a través de l'estret de Gibraltar i del Canal de Suez, o d'origen clarament antropogènic, a causa del transport marítim i de les activitats d'aqüicultura.

Les praderies de Posidònia són un exemple dels canvis que pot arribar a provocar l'arribada d'espècies forasteres. L'alga Caulerpa, es capaç de substituir a la Posidònia, però no d'exercir el mateix rol pel que fa a les interaccions amb moltes espècies que formen part de la comunitat natural de les praderies de Posidònia. El resultat és catastròfic per a moltes d'aquestes espècies marines que no poden dura terme els seus cicles naturals de reproducció i desenvolupament.

Alguns estudis demostren que el lluç mediterrani o el roger són peixos que han emigrat a aigües més profundes en determinades zones, pel fet que la pressió competitiva d'espècies nouvingudes ha afectat el seu cicle de vida. Alguns mol·luscs autòctons, com determinades espècies de cloïssa, han estat substituïdes en molts hàbitats per espècies de fora.

Extracció de sorres

El creixement urbanístic ha provocat un increment de la demanda de materials de construcció, entre els quals la sorra i la grava. El dragat del mar provoca alteracions molt importants en els substrats tous i afecten el desenvolupament de les comunitats que hi viuen de manera molt significativa i a llarg termini, ja que la recuperació del substrat és lenta. Les pèrdues econòmiques que aquest fet representa per als pescadors és molt important, a més de la pèrdua del valor ecològic de les zones dragades.

L'efecte de l'extracció de sorres persisteix durant més de cinc anys un cop finalitzada l'activitat de dragat. Diversos estudis corroboren la hipòtesi segons la qual, la disminució de captures d'algunes espècies de mol·luscs bivalves a la Mediterrània està correlacionada amb l'increment de l'extracció de sorres i l'alteració dels substrats tous del fons marí.

Transport marítim

Les rutes marítimes que travessen la Mediterrània són unes de les més gestionades del planeta. Més de 200.000 vaixells visiten anualment més de 300

ports distribuïts en la costa mediterrània i algunes de les càrregues que transporten aquests vaixells són potencialment perilloses. Però sense tenir en compte la possibilitat d'un accident, els abocaments més o menys habituals de residus són per si sols una causa de preocupació mediambiental important. Ja s'ha parlat del petroli i dels abocaments incontrolats d'aquest potent contaminant degut a les descàrregues procedents del rentat dels tancs. A més, molts dels vaixells transporten productes químics en contenidors que moltes vegades també es renten directament en el mar.

Les aigües residuals producte de l'activitat humana a bord i les escombraries de molts vaixells són abocades directament al mar. Com més gran és el vaixell i més passatgers transporta, més difícil és emmagatzemar els residus en el mateix vaixell i esperar l'arribada a port per descarregar-los adequadament.

Una de les qüestions que tenen en compte els vaixells oceanogràfics que transporten científics arreu és el control de residus, però els grans vaixells que realitzen creuers turístics moltes vegades no poden emmagatzemar els residus i els aboquen directament al mar. Aquesta és una de les problemàtiques que curiosament és més estudiada pel que fa al turisme a l'Antàrtida, però també es dona en la Mediterrània i amb un grau molt superior de contaminació dels ecosistemes marins. Una vegada més, cal deixar clar que el turisme és un valor econòmic inqüestionable al qual no s'ha de renunciar, ben al contrari, s'ha de promoure, però al mateix temps calen mesures urgents per evitar que les males pràctiques arruïnin definitivament aquest valor.

MATERIAL DE TREBALL A L'AULA

Activitat 1

Termoclina - haloclina en un vas de precipitats

La termoclina-haloclina és una zona de canvi bruscat de temperatura i salinitat que es genera a una certa profunditat durant els mesos càlids de l'any en molts ecosistemes marins. A la Mediterrània, la termoclina-haloclina es forma a la primavera-estiu i es trenca quan arriba la tardor, a causa principalment dels forts vents i les onades intenses que consegüentment es produeixen.

Objectiu

Demostrar com es genera la termoclina-haloclina, observar la seva estabilitat i la desestabilització que pateix degut al vent i les onades.

Material

Aigua corrent freda
Aigua corrent calenta
Sal comuna
Blau de metilè
Glaçons
Vas de precipitats de 500 ml

Procediment

- 1.- S'omple fins a la meitat el vas de precipitats amb aigua freda.
- 2.- Es dissolen 9 g de sal comuna en l'aigua del vas de precipitats, amb la qual cosa s'obté un salinitat similar a l'aigua marina. Es pot incrementar la concentració de sal amb l'objectiu d'obtenir una dissolució més densa.
- 3.- Amb un colorant en dissolució aquosa, que pot ser blau de metilè o qualsevol altre, es tenyeix l'aigua salada i freda que conté el vas de precipitats.
- 4.- S'escalfa aigua corrent, i s'afegeix amb molt de compte al vas de precipitats, procurant que no es barregi amb l'aigua salada i tenyida. Un gruix de paper de filtre retallat just amb el diàmetre del vas i col·locat a la superfície de l'aigua tenyida, es pot subjectar amb unes pinces mentre afegim l'aigua calenta al damunt. Si aquesta operació es fa amb compte, l'aigua dolça i calenta es queda formant una capa superficial i gràcies al colorant, es pot visualitzar la interfase entre les dues aigües. Aquesta interfase és un exemple de termoclina-haloclina. L'aigua més densa i salina a la part inferior i l'aigua dolça a la part superior.
- 5.- El refredament de l'aigua superficial del mar quan arriba la tardor contribueix a desestabilitzar la termoclina, però aquest fet, per si sol, és insuficient. Si afegim glaçons a la superfície de l'aigua del vas de precipitats, és possible que s'observi algun corrent de convecció, però en general es veu com la interfase és molt estable.

6.- Si amb un tub de goma es bufa damunt de la superfície de l'aigua del vas de precipitats, es generen ones i poc a poc, es pot observar com la termoclina-haloclina es desestabilitza.

Qüestions

1.- Observeu i discutiu en grup la millor manera d'evitar que es barregin inicialment les dues aigües. El paper de filtre és un bon mètode, però potser en podeu dissenyar un altre més efectiu.

2.- En lloc d'afegir aigua dolça, proveu de fer-ho amb aigua salina. Comproveu el resultat amb diferents salinitats i discutiu els resultats.

3.- Feu fotografies dels vostres experiments amb la finalitat de tenir un suport gràfic per a la comunicació dels resultats.

4.- Relacioneu els resultats del vostre experiment amb la dinàmica dels corrents d'aigua que es generen a la Mar Mediterrània.

5.- Justifiqueu el fet que la desestabilització de la termoclina-haloclina impliqui un desplaçament de nutrients des de les aigües profundes fins a la zona superficial del mar.

6.- Justifiqueu l'estabilitat de la termoclina-haloclina durant l'estiu

Guia per al professorat

Aquesta activitat es pot dur a terme també en un aquari. El resultat és més espectacular, però la quantitat d'aigua necessària per omplir-lo fa que el muntatge sigui més difícil i és necessari més temps.

En una hora de classe, preferentment al laboratori, és suficient. En cas de no disposar de laboratori, es pot dur a terme també a l'aula, sempre i quan es pugui disposar d'aigua calenta, ja que els materials emprats no són corrosius i no hi ha possibilitat de dany per al material de l'aula.

Es preferible que els alumnes facin proves diverses, amb aigües de diferent salinitat. També pot resultar molt interessant promoure que els estudiants elaborin dissenys alternatius.

Currículum

- 1r ESO La Terra i els seus embolcalls.
- 3r ESO L'activitat humana en els sistemes de la Terra
- 4t ESO La terra un planeta canviant

Competències que es poden avaluar

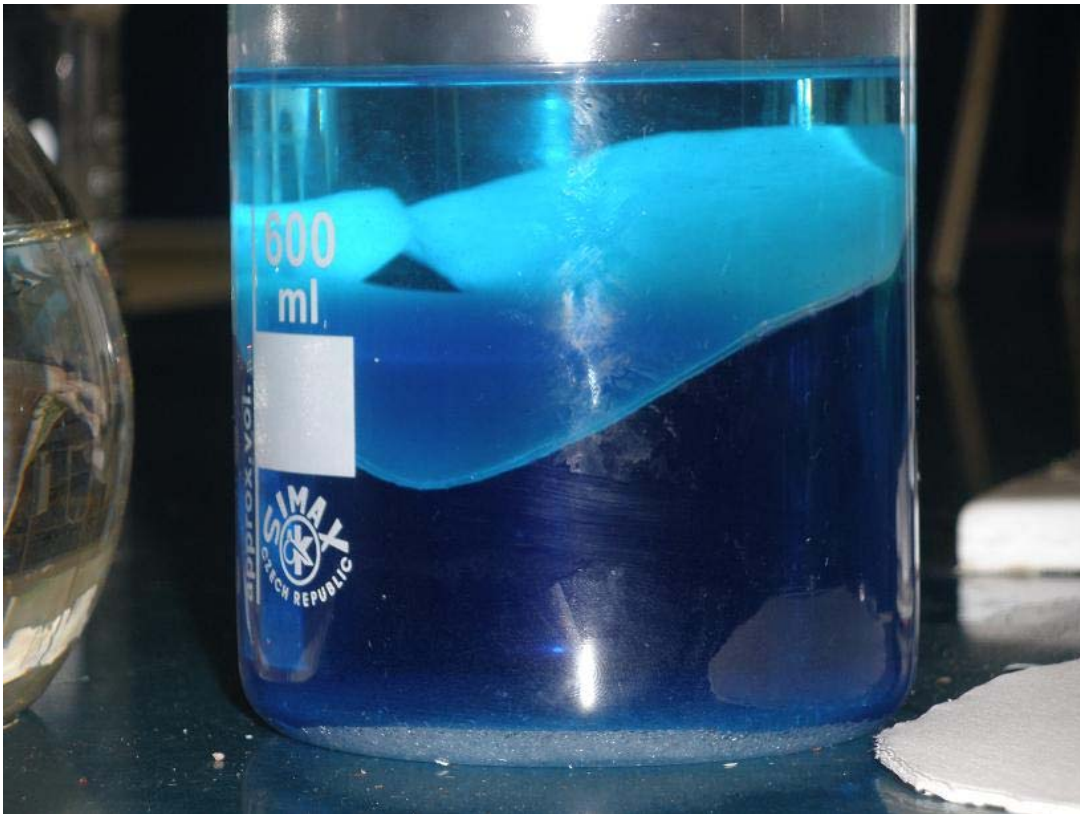
- Diferenciar entre observacions, inferències i interpretacions.
- Investigar problemes, obtenir resultats i reconèixer evidències

- Dissenyar models alternatius en l'àmbit de la recerca científica.
- Analitzar de manera crítica els resultats i la relació entre aquests i els conceptes teòrics.
- Extreure conclusions, validar-les, sintetitzar-les i comunicar-les
- Elaborar informes sobre el treball realitzat, en els quals es justifiquin les conclusions tant a partir de les dades recollides com de referents teòrics.
- Lectura de textos que mostrin aplicacions dels coneixements apresos i la seva interpretació.

Imatges



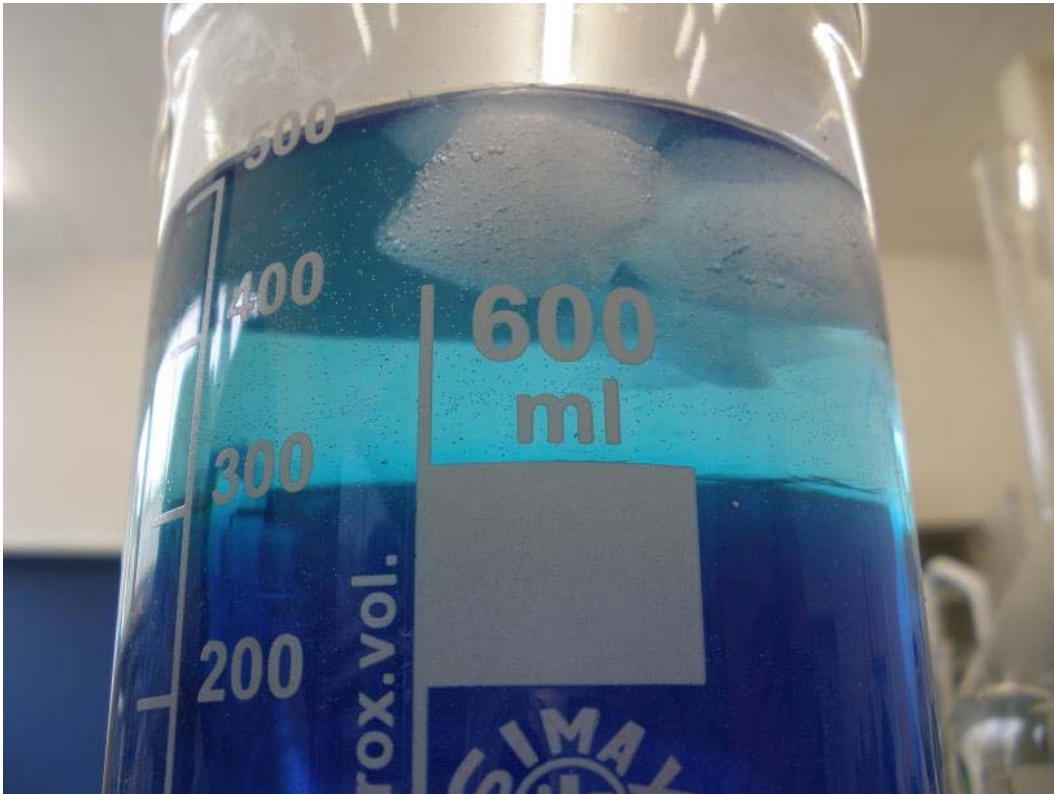
Preparació inicial de la fase salina



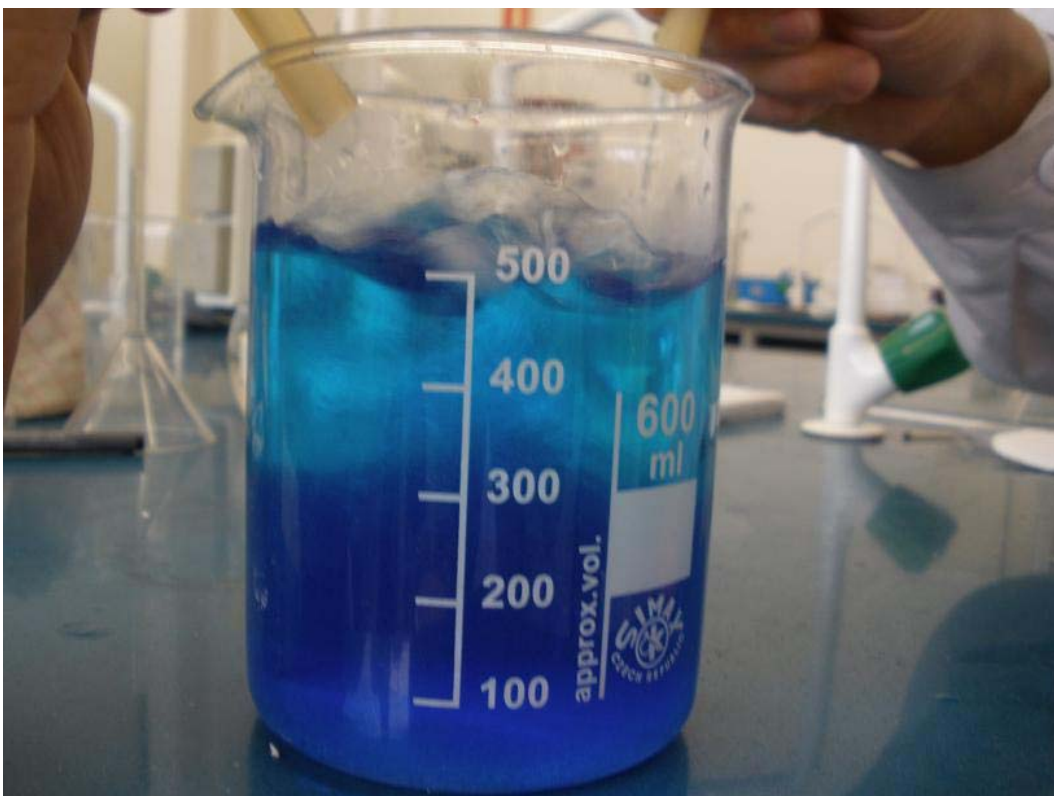
Formació inicial de la interfase en afegir aigua calenta i dolça



Estabilització de la termoclina-haloclina



Malgrat el refredament de la superfície, la termoclina-haloclina roman estable.



Desestabilització de la termoclina-haloclina per l'acció del vent.

Activitat 2

Captura i conservació de plàncton

Els organismes del plàncton es troben molt repartits i diluïts a l'aigua i per tant, per recol·lectar plàncton cal concentrar els organismes a la mostra. Per fer-ho, és necessari emprar una xarxa de plàncton, que tindrà una mida de malla adequada al tipus d'organismes que es volen capturar.

Xarxes de 60 a 100 micròmetres de llum de malla són adients per capturar zooplàncton petit i fitoplàncton. Per capturar i aïllar el zooplàncton més gran s'utilitzen xarxes de 200 a 500 micròmetres.

El diàmetre de la boca o entrada de la xarxa permet calcular el volum d'aigua filtrada i per tant, mesurar la concentració de plàncton al medi extrapolant els resultats de concentració observats a la mostra.

Objectiu

Dissenyar i construir una xarxa de plàncton amb l'objectiu d'utilitzar-la en sortides de camp per obtenir mostres de plàncton en zones costaneres de fàcil accés.

Material

Tela de xarxa de plàncton. Els distribuïdors especialitzats de material de laboratori poden subministrar el tipus de tela desitjada, amb la llum de malla adient. També es pot utilitzar una roba fina de cortina domèstica, ja que la finalitat és recollir plàncton de manera genèrica i el que és més important és concentrar la mostra, més que fer una recollida selectiva.

Anella metàl·lica resistent d'uns 20 cm de diàmetre. Serveix perfectament una anella de subjectar testos.

Recipients de plàstic amb tap de rosca de 500ml

Procediment

- 1.- S'ha de confeccionar un tronc de con amb la tela, amb una llargada de 1m a 1'5m
- 2.- Cal cosir una tela més gruixuda a cada costat de la xarxa per tal d'aconseguir major resistència en les zones d'ancoratge.
- 3.- En una anella metàl·lica i resistent d'uns 20 cm de diàmetre es subjecta la xarxa prèviament confeccionada, tal i com s'observa en les imatges.
- 4.- El recipient de recollida, on es concentra el plàncton, ha de tenir un tap per buidar-lo. En les imatges es pot observar la manera de confeccionar fàcilment un d'aquests recipients.
- 5.- Un cop tot està ben subjectat, s'introdueix la xarxa a l'aigua i s'arrossega calculant la distància recorreguda. Aquesta distància multiplicada pel diàmetre de l'anella metàl·lica ens donarà el volum d'aigua filtrada.

6.- Un cop filtrat un determinat volum d'aigua, es buida el recipient de recollida en un altre recipient prèviament etiquetat amb l'hora, la fondària, temperatura de l'aigua, l'indret i el volum d'aigua filtrada. Cal l'ajut d'un embut per assegurar l'èxit d'aquesta operació. Aquest recipient conté ara una mostra perfectament determinada.

6.- Un cop obtinguda la mostra, cal conservar-la en fred (una nevera portàtil és suficient) i es pot observar a la lupa o al microscopi per tal de veure els organismes vius. Un cop passades unes hores, caldrà fixar la mostra.

7.- Per fixar la mostra, s'utilitza formol en una dilució concentrada de bòrax per reduir-ne l'acidesa. Es calcula el 5% del volum de la mostra i s'afegeix aquesta quantitat del preparat de formol directament al mateix recipient que conté la mostra. Normalment es té un recipient de 500 ml, ple d'aigua de mar i amb el plàncton precipitat al fons; en aquest cas, s'afegirà al recipient 25 ml de preparat de formol.

Qüestions

1.- Observeu i discutiu en grup la millor manera d'arrossegar la xarxa per tal que aquesta estigui ben submergida durant el recorregut.

2.- Comproveu el resultat amb diferents volums d'aigua filtrada. Per fer-ho, observeu el fons del recipient de recollida i si apareix material suposadament planctònic o no. Si no és així, caldrà filtrar un volum d'aigua superior.

3.- Feu fotografies de les vostres activitats de filtratge amb la finalitat de tenir un suport gràfic per a la comunicació dels resultats.

4.- Observeu la transparència de l'aigua i justifiqueu la necessitat del filtratge que heu fet.

5.- Anoteu la temperatura de l'aigua i justifiqueu la necessitat de conservar les mostres en fred.

Guia per al professorat

La confecció de la xarxa de plàncton no és senzilla. Ara bé, en funció de les possibilitats que ofereixin els tallers de tecnologia del centre es pot valorar la possibilitat que els alumnes d'ESO puguin dur-la a terme. L'experiència amb alumnes de batxillerat demostra que en aquest nivell es perfectament factible aquesta construcció.

L'activitat de recollida de plàncton s'ha de dur a terme en l'àmbit d'una sortida de camp. Si bé els alumnes d'ESO poden desenvolupar perfectament l'activitat, també cal dir que l'experiència s'ha dut a terme fins ara amb alumnes de batxillerat.

De tota manera, les mostres recollides poden ser observades per alumnes d'ESO en el marc de l'activitat 3.

Quant a la temporització en la fabricació de la xarxa de plàncton, aquesta depèn del grau de muntatge previ del material lliurat als alumnes. Probablement, el cosit de la tela de reforç s'haurà de fer en tallers especialitzats i no a l'escola. La resta del procediment és factible de fer-lo a l'aula, taller o laboratori. És una activitat que cal programar en diverses etapes i en funció del grau de muntatge inicial.

La recollida de plàncton s'ha de fer en una sortida de camp. Una hora de treball a la platja és suficient.

El que importa per damunt de tot en aquesta activitat és el contacte directe dels estudiants i la mar. Probablement, la mar és un dels recursos didàctics que es tenen més a l'abast, especialment en zones de costa, i a la vegada un dels recursos menys utilitzats.

Les xarxes de plàncton són útils també en la recollida de espècies d'aigua dolça , especialment en rius o bases d'aigües clares on les poblacions són poc denses. Malgrat que el motiu d'aquesta unitat és la Mar Mediterrània, l'estudi del plàncton dels rius que finalment abocaran les seves aigües al mar pot ser de gran interès, sobretot quan la programació de sortides de camp a mar no siguin factibles.

Currículum

- 1r ESO La Terra i els seus embolcalls. La vida a la Terra.
- 2n ESO La vida en acció.
- 3r ESO Materials
- 4t ESO La terra un planeta canviant
- Relació amb el currículum de l'àrea de Tecnologia

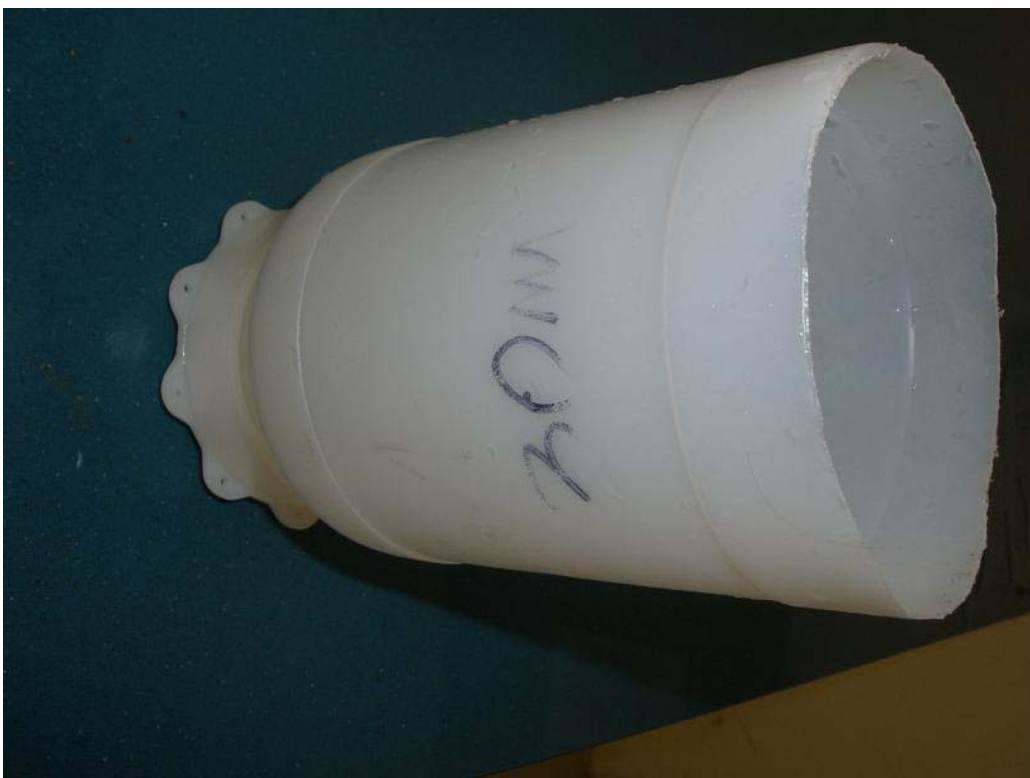
Competències que es poden avaluar

- Pensar científicament a partir de construir i utilitzar versions elementals però complexes dels grans models de la ciència. Aquests coneixements han de proporcionar estratègies útils per descriure els fenòmens relacionats amb problemes socialment rellevants, per explicar-los i per fer prediccions.
- Investigar problemes, obtenir resultats i reconèixer evidències
- Dissenyar models alternatius en l'àmbit de la recerca científica.
- Analitzar de manera crítica els resultats i la relació entre aquests i els conceptes teòrics.
- Extreure conclusions, validar-les, sintetitzar-les i comunicar-les
- Elaborar informes sobre el treball realitzat, en els quals es justifiquin les conclusions tant a partir de les dades recollides com de referents teòrics.

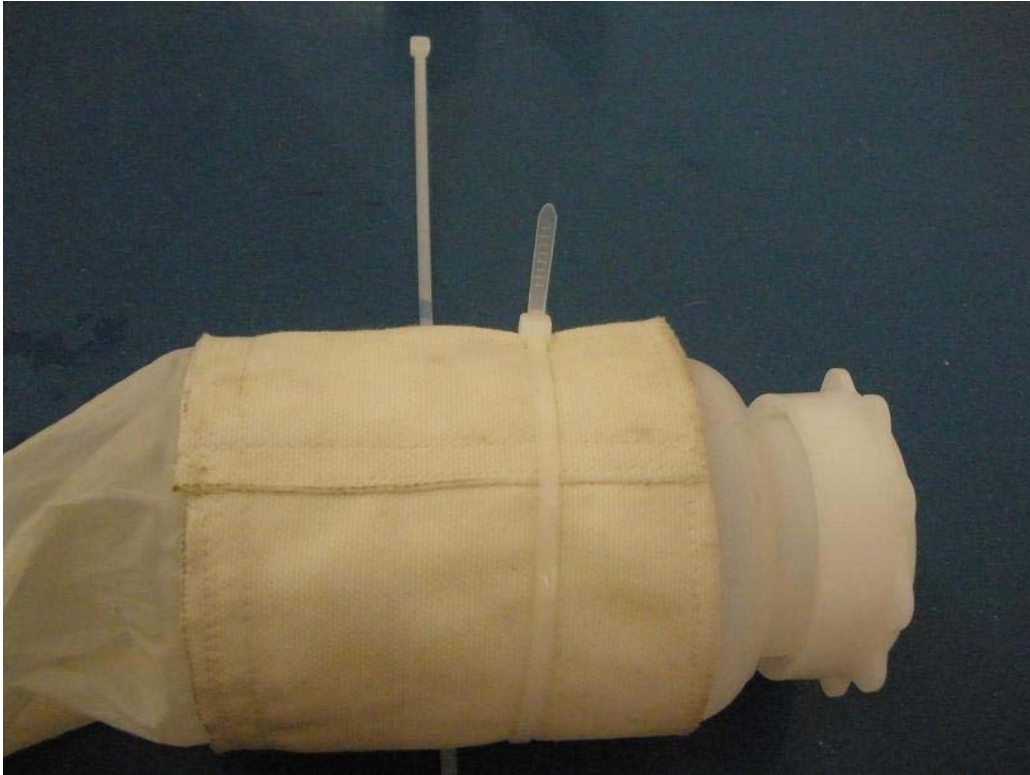
Imatges



Xarxa de plàncton



Recipient de recollida de plàncton. Cal tallar la base del recipient.



Fixació del recipient de recollida de plàncton a l'extrem de la xarxa



Fixació de l'anella o boca de la xarxa



Recollida de la mostra en el recipient etiquetat.



Material per obtenir, guardar i fixar la mostra de plàncton.

Activitat 3

Observació del plàncton

Observar el plàncton requereix la utilització de lupa i microscopi amb l'objectiu de poder identificar els principals grups d'organismes presents a la mostra. Una gota de la mostra en un portaobjectes ens permet distingir al microscopi els organismes presents. Una quantitat alíquota de la mostra en una placa de Petri permet estimar de manera quantitativa la concentració dels organismes de major grandària presents en el plàncton (normalment, aquesta observació tan sols és útil quan es vol valorar el zooplàncton)

Degut a la toxicitat del formol, es preferible prèviament rentar per dilució una petita quantitat alíquota de la mostra en aigua corrent. D'aquesta submostra rentada es poden fer les preparacions microscòpiques o preparar les plaques de Petri per a l'observació a la lupa.

Material

Mostra de plàncton en viu o fixada
Microscopi i lupa binocular
Portaobjectes i cobreobjectes
Plaques de Petri
Guies per a la identificació de plàncton

Procediment

- 1.- Confeccionar la preparació microscòpica o la placa de Petri per a l'observació.
- 2.- Identificar els grans grups als quals pertanyen els organismes observats. Poden servir els dibuixos i les imatges d'aquesta mateixa unitat didàctica. Per a una major precisió, caldrà utilitzar guies especialitzades per a la identificació del plàncton.
- 3.- Valorar la varietat dels organismes observats i si s'escau, calcular la diversitat de la mostra.
- 4.- Obtenir fotografies de les observacions. Per fer-ho, es pot utilitzar un microscopi o lupa equipats amb dispositiu fotogràfic o bé de manera senzilla, amb una càmera digital acoblada a l'ocular. Les càmeres digitals rereflex no serveixen, però les càmeres senzilles digitals es poden acoblar a l'ocular del microscopi o lupa subjectant-la amb els dits i jugant amb el zoom. Amb una mica de pràctica, s'obtenen unes imatges de gran qualitat, especialment si s'ha seleccionat una resolució alta i la imatge resultant es pot ampliar, retallar i tractar.

Qüestions

- 1.- Observeu i discuteu en grup la millor manera d'observar els organismes del plàncton, pel que fa a l'augment del microscopi, la il·luminació i el contrast que ofereix el diafragma de l'aparell .
- 2.- Anoteu els resultats de les observacions. Feu dibuixos, fotografies i confeccioneu una llista dels organismes observats. Valoreu l'abundància relativa dels diferents tipus, grups o espècies.

3.- Feu fotografies de les vostres activitats d'observació amb la finalitat de tenir un suport gràfic per a la comunicació dels resultats.

4.- Justifiqueu el fet que la vida microscòpica que esteu observant és la base de la cadena alimentària marina.

Guia per al professorat

Les observacions de plàncton són interessants de fer-les a qualsevol dels cursos de ESO. Ara bé, en funció del nivell dels alumnes es poden fixar objectius diferents, des d'una valoració general de la varietat d'espècies o l'anàlisi dels canvis estacionals de les poblacions, fins a determinacions acurades de la morfologia d'algunes espècies concretes i les anàlisis de diversitat.

Els càlculs dels índex de diversitat considerem que són adients únicament a nivell de batxillerat. En aquest sentit, la comparativa de valors de diversitat en les comunitats de plàncton pot ser un motiu de recerca aplicable a molts i diversos treballs.

Currículum

- 1r ESO La Terra i els seus embolcalls. La vida a la Terra.
- 2n ESO La vida en acció.
- 3r ESO Dinàmica dels sistemes naturals.
- 4t ESO La terra un planeta canviant

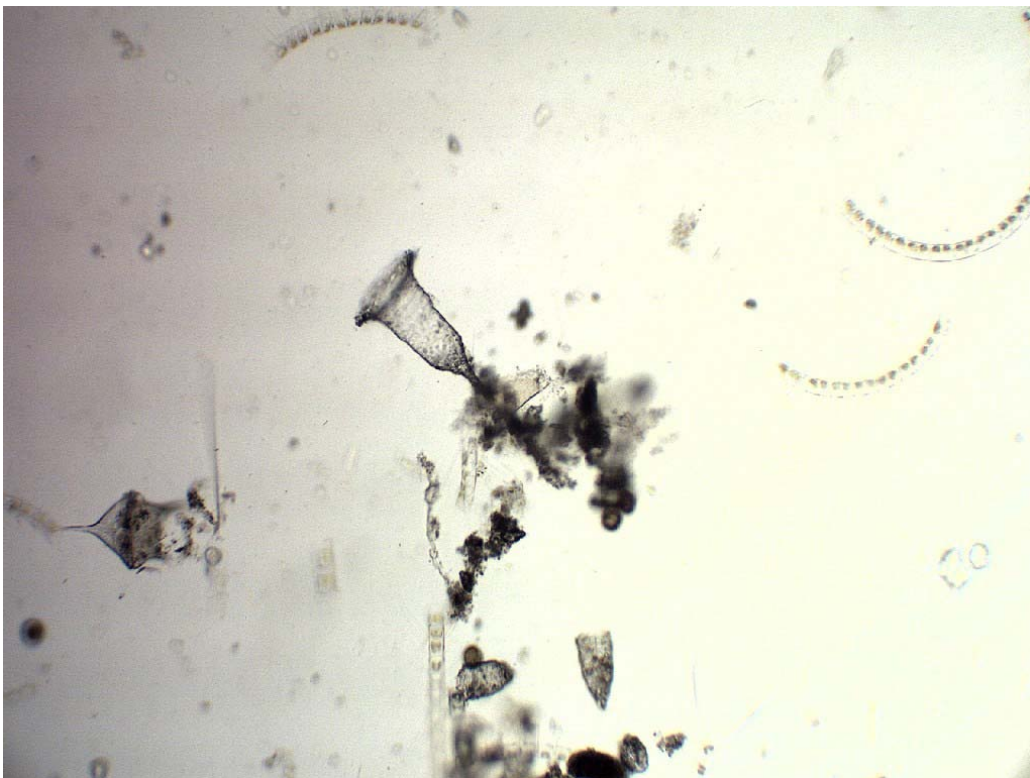
Competències que es poden avaluar

- Investigar problemes, obtenir resultats i reconèixer evidències
- Analitzar de manera crítica els resultats i la relació entre aquests i els conceptes teòrics.
- Extreure conclusions, validar-les, sintetitzar-les i comunicar-les
- Elaborar informes sobre el treball realitzat, en els quals es justifiquin les conclusions tant a partir de les dades recollides com de referents teòrics.
- Competència matemàtica. La mesura, el tractament de les dades, i la interpretació de models matematitzats són, entre d'altres, àmbits que els dos camps competencials, científic i matemàtic, comparteixen i que cal treballar conjuntament en la recerca de respostes a les preguntes que ens fem sobre els fenòmens de la naturalesa.

Imatges



Fitoplàncton del litoral de Barcelona observat al microscopi 100x



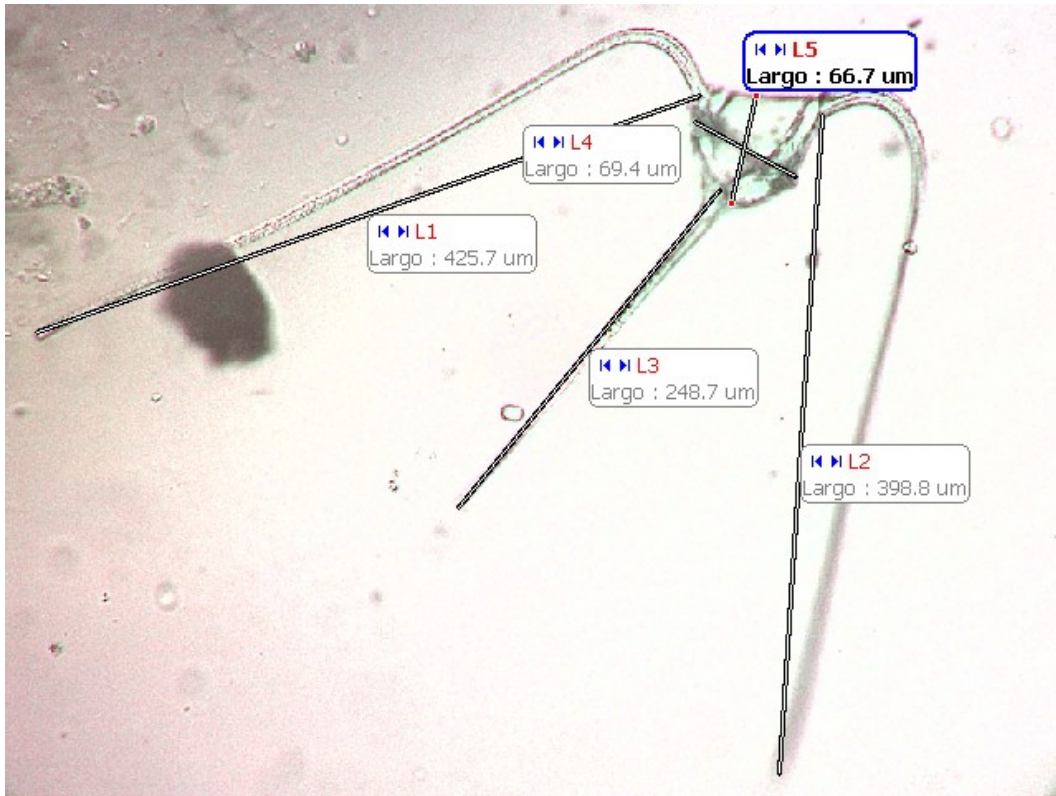
Protozou ciliat. Gen *Tintinnopsis*. Mostra del litoral de Barcelona. 100x



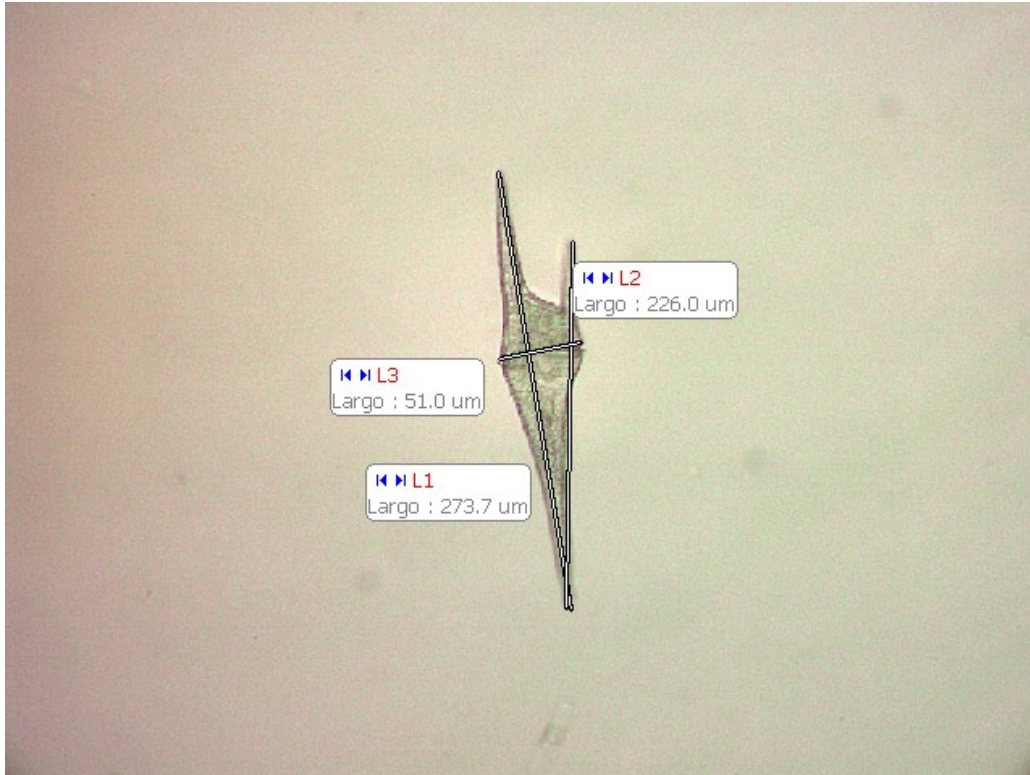
Disseny d'un mòbil de cartolina amb imatges dels organismes planctònics del litoral de Barcelona. Alumnes de 1r ESO.



Representació d'una gota d'aigua marina a través d'un mòbil de cartolina. Alumnes de 1r ESO.



Estudi de variables morfològiques d'un individu del gen *Ceratium*.



Les variacions estacionals fan que la morfologia dels organismes del plàncton variï. Estudi a l'abast d'alumnes de cycle superior d' ESO i de batxillerat.

Activitat 4

Contaminació bacteriana de les aigües del litoral

Les aigües de les zones litorals de la Mediterrània reben una gran quantitat de contaminants, entre els quals aigües residuals dels nuclis urbans. La depuració d'aquestes aigües és necessària per evitar la contaminació bacteriana de platges, ports i zones marines properes a la costa.

Quan la depuració de les aigües residuals és insuficient o nul·la, la contaminació bacteriana apareix i es pot valorar fàcilment a través del cultiu de bacteris aerobis en medi d'agar.

Molts bacteris provinents de les aigües residuals urbanes resisteixen la salinitat del mar i poden ser detectats quan es fan créixer en un medi de cultiu adient.

Objectiu

Determinar possibles casos de contaminació bacteriana en zones de costa, especialment ports, i relacionar els resultats amb la presència o absència de depuració de les aigües residuals.

Material

Mostres d'aigua marina de la zona que es vol analitzar.

Plaques de Petri amb medi agar per a bacteris aerobis totals.

Pipetes estèrils 1 ml

Estufa de cultiu (opcional, ja que el creixement de les colònies bacterianes es pot observar a temperatura ambient)

Procediment

1. Amb una pipeta estèril, s'afegeix 1 ml de mostra a la superfície de la placa de Petri.
2. Amb l'ajut d'un encenedor Bunsen, s'escalfa la pipeta fins que s'aconsegueix doblegar-la amb un angle de 90° a uns 7 cm de la punta. Així s'obté una nansa per repartir bé la mostra damunt del medi de cultiu.
3. Les plaques es segellen amb parafilm o cinta adhesiva corrent i passats uns 10 minuts, girem les plaques boca avall, per aconseguir que l'excés d'aigua no quedi damunt del medi. Els 10 minuts en que l'aigua de la mostra està en contacte amb el medi agar és un temps suficient perquè els bacteris precipitin i arrelin en el medi.
4. S'incuben les plaques, sempre boca avall, el temps suficient per tal que creixin les colònies bacterianes. La incubació a l'estufa, a 37 °C, afavoreix el creixement, però a temperatura ambient i fins i tot a la nevera es poden incubar aquests bacteris.
5. Un cop han crescut colònies, s'observen, es compten i es classifiquen per color, forma i grandària. Així s'obté un valor dels bacteris aerobis que han crescut en medi agar procedents de 1ml de mostra.

Qüestions

1. Discutiu en grup el millor procediment per tal de repartir correctament la mostra damunt l'agar. Hi poden haver diferents tècniques per moure la nansa.
2. Elaboreu un informe de la varietat de colònies bacterianes presents a les plaques de Petri que heu observat un cop incubades.
3. Si observeu diferències significatives en l'abundància de les colònies bacterianes que han crescut en diferents plaques corresponents a diferents mostres, valoreu la possibilitat que es tracti de mostres d'aigua amb diferent grau de contaminació bacteriana.
4. Si heu fet servir agar estàndard, sense la concentració de sal pròpia de l'aigua marina, justifiqueu la possibilitat que els bacteris vinguin d'una font de contaminació urbana.
- 5.- Relacioneu els resultats obtinguts amb la presència o no de plantes depuradores de les aigües urbanes en la zona del litoral d'on provenen les mostres analitzades.
- 6.- Feu fotografies de les vostres activitats d'observació amb la finalitat de tenir un suport gràfic per a la comunicació dels resultats.
- 7.- Relacioneu la contaminació bacteriana observada amb la necessitat de mantenir l'aigua de les platges en bones condicions per a la pràctica d'activitats de lleure a la mar.

Guia per al professorat

Les observacions de colònies bacterianes són interessants de fer-les a qualsevol dels cursos de ESO. Ara bé, en funció del nivell dels alumnes es poden fixar objectius diferents. Per valorar el grau de contaminació bacteriana és suficient un recompte precís de les colònies que han crescut en el medi de cultiu.

Per a treballs amb alumnes de batxillerat, es poden fer cultius en agar marí o en medis d'agar selectius, com el cas de l'agar verd brillant per al creixement de coliforms.

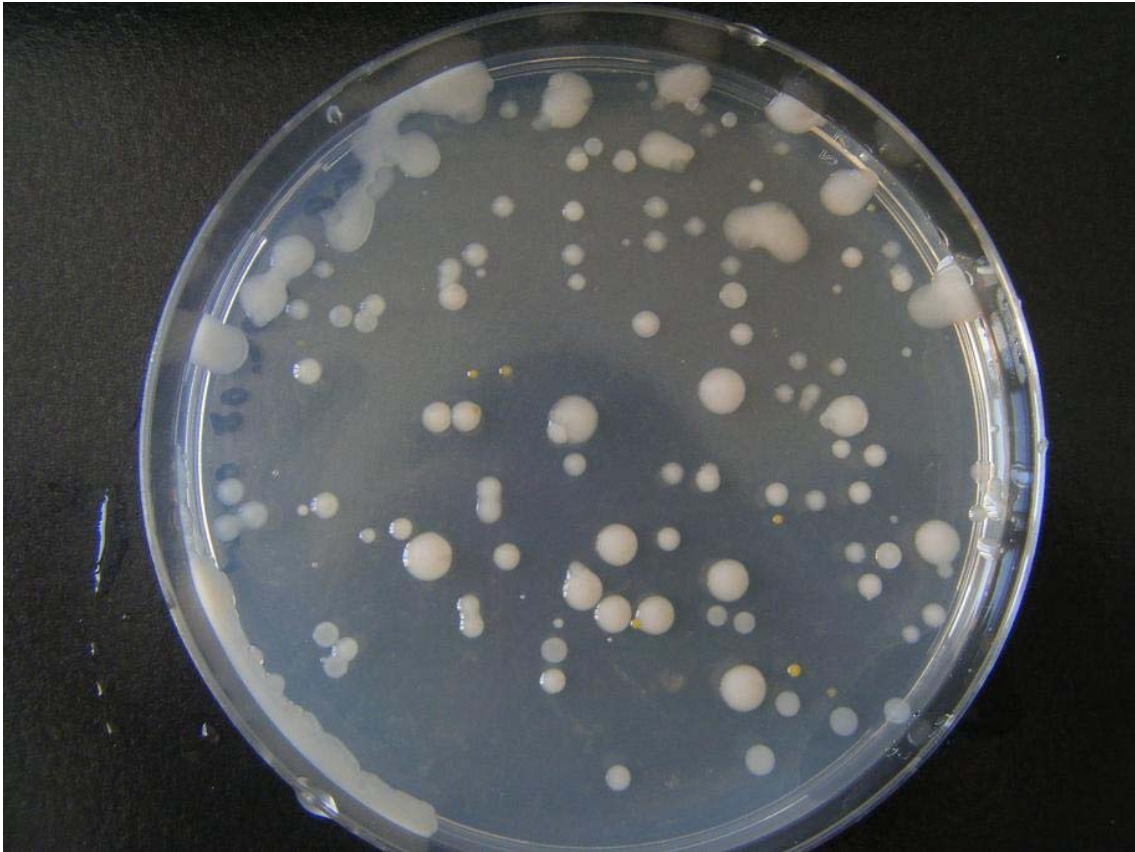
Currículum

- 1r ESO La Terra i els seus embolcalls. La vida a la Terra.
- 2n ESO La vida en acció.
- 3r ESO Dinàmica dels sistemes naturals.
- 4t ESO La terra un planeta canviant

Competències que es poden avaluar

- Investigar problemes, obtenir resultats i reconèixer evidències
- Analitzar de manera crítica els resultats i la relació entre aquests i els conceptes teòrics.
- Extreure conclusions, validar-les, sintetitzar-les i comunicar-les

- Elaborar informes sobre el treball realitzat, en els quals es justifiquin les conclusions tant a partir de les dades recollides com de referents teòrics.
- Valorar les implicacions socials que comporten els coneixements i les aplicacions científiques que permeten analitzar els comportaments humans envers el medi ambient.



Colònies bacterianes en medi agar. La mostra d'aigua procedeix del port d'Arenys .

BIBLIOGRAFIA

BERGBAUER M., HUMBERG B. (1999). Flora i fauna submarina del mar Mediterráneo. Ediciones Omega. Barcelona.

CAMPBELL A.C. (1976). Guia de campo de la flora i fauna de las costas de Espanya y Europa. Ediciones Omega. Barcelona

ENCICLOPÈDIA CATALANA. Biosfera T5 (Mediterrànies) i T10 (Litorals i oceans)

GILI J.M., RIERA T., CORBERA J. (1990). El zooplàncton. Escola del Mar de Badalona. Badalona

HOFRICHTER R. (2001). El Mar Mediterráneo I. Ediciones Omega. Barcelona.

SMITH D.L., JOHNSON K. (1996). Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque. Iowa

PÀGINES WEB

www.greenpeace.org/espana/el-mediterraneo

www.recercaenaccio.cat/

www.icm.csic.es/