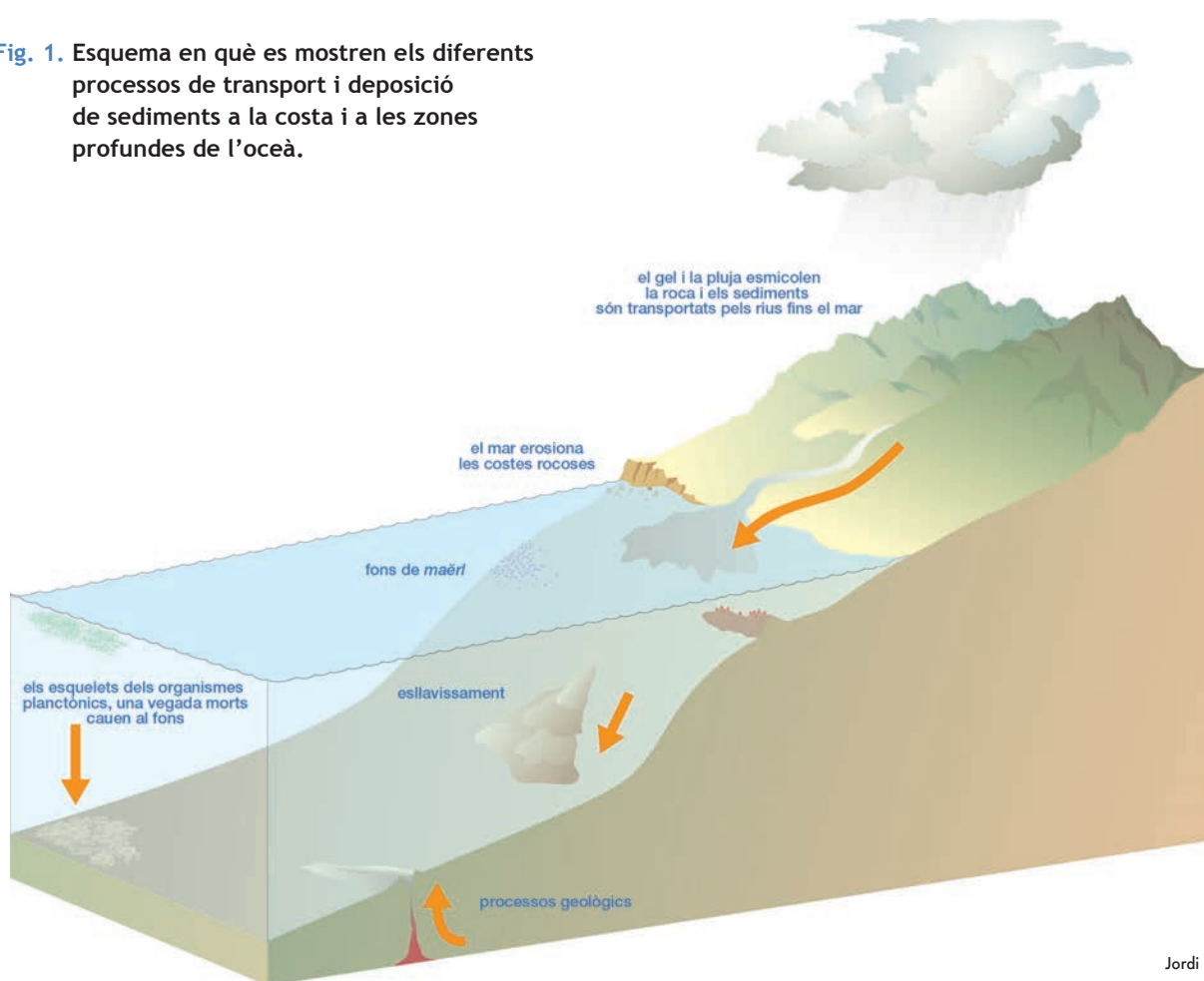


La vida a la sorra

I. Introducció als ambients sedimentaris

Les roques de l'escorça terrestre, exposades a diferents factors físics o químics —com l'efecte de l'aigua, el gel, el vent, els canvis de temperatura o l'acció dels organismes—, es van erosionant. Els fragments de roca resultants són transportats pel vent, els rius i les glaceres, de vegades molts quilòmetres, fins a llocs on es dipositen. Aquest procés, pel qual el material sòlid és transportat i dipositat, s'anomena *sedimentació*; el material que es diposita rep el nom de *sediment*. Segons el lloc en què es dipositi i segons els mecanismes de transport del sediment, es crearan diferents tipus d'ambients sedimentaris. Si la sedimentació es produeix al continent, per exemple, es poden formar ambients fluvials o lacustres (rius i llacs); en canvi, si es produeix en la transició entre la terra i el mar, es formen ambients litorals, que varien molt segons la geologia de l'indret i que inclouen penya-segats i platges, estuaris i deltes; si la deposició es dona al medi marí, contribueix a la formació de plataformes continentals, però també del talús i de les planes abissals.

Fig. 1. Esquema en què es mostren els diferents processos de transport i deposició de sediments a la costa i a les zones profundes de l'oceà.



Jordi Corbera

La sedimentació prop del continent pot ocórrer amb rapidesa; en canvi, a mar obert és molt lenta: des d'un mil·límetre fins a pocs centímetres en mil anys. A través de l'estudi dels sediments acumulats, podem entendre millor la història de la Terra, l'expansió del fons oceànic, les alteracions del camp magnètic terrestre i els canvis dels corrents oceànics i del clima.

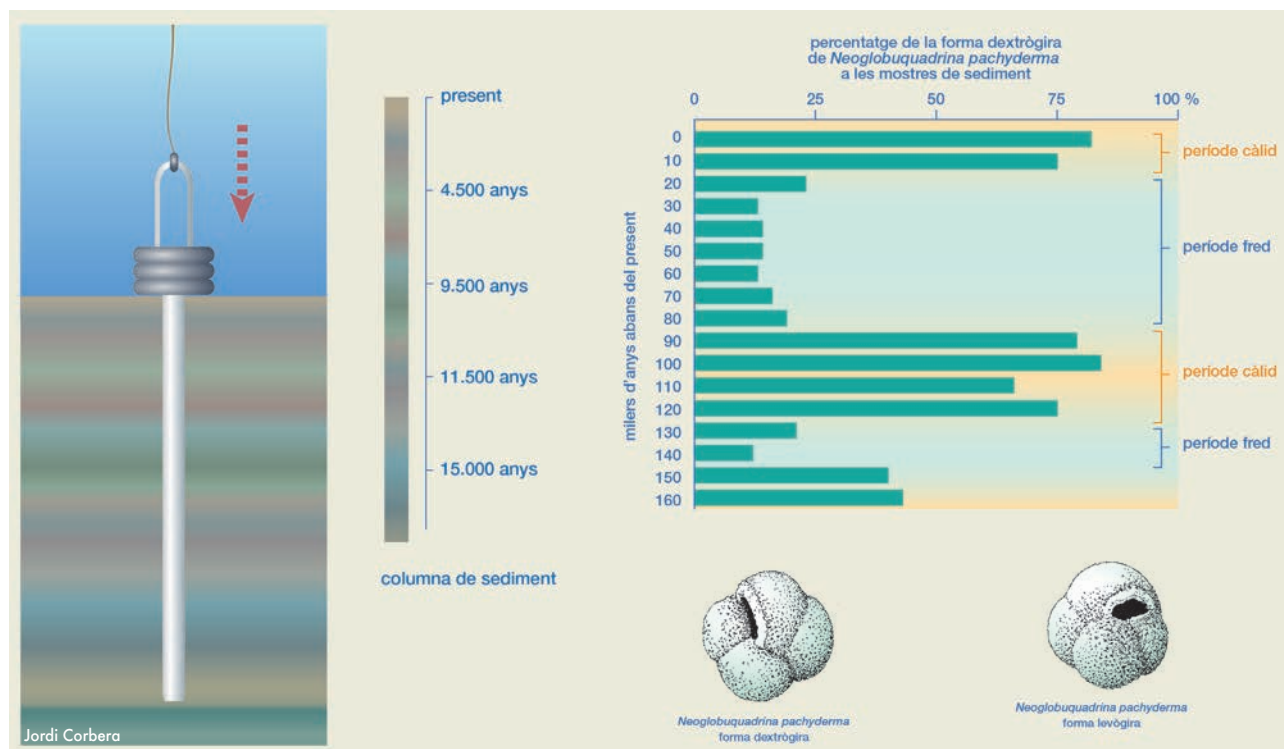


Fig. 2. L'estudi dels foraminífers trobats en testimonis de sediments poden donar informació sobre ambients passats.

1. La sorra

La sorra és el resultat de la disgregació de les roques i minerals de l'escorça terrestre. En termes geològics, la sorra és el material compost de partícules que mesuren entre 0,063 i 2 mm –per tant, una partícula individual d'aquesta mida és un gra de sorra–. En funció del seu origen, l'aparença i composició de la sorra varien: si prové de roques volcàniques, per exemple, estarà composta sobretot de partícules negres o vermelles; però si prové d'un escull de corall, en canvi, serà blanca i estarà formada per una gran quantitat de restes d'organismes marins. La sorra pot ser arrossegada pel vent, i aleshores forma dunes; o pot ser arrossegada per l'aigua fins a la costa, i aleshores formarà platges.



Fig. 3. (De ← a → i de ↑ a ↓) Platges amb diferents tipus de sorres: platja de les illes Seychelles (origen biològic), platja del País Basc (origen mineral no volcànic) i platja de les illes Canàries (origen volcànic). Observant la coloració de la sorra de cada platja, podem obtenir pistes sobre l'origen de cada tipus de sorra.

1.1. Classificació de la sorra

La sorra està composta per grans no consolidats i heterogenis. Hi ha diferents criteris per classificar la sorra que compon els sediments, però els més comuns són l'origen dels grans, el color, la mida, la forma i la composició mineralògica.

1.1.1. L'origen

La sorra que forma un sediment varia en funció de la seva procedència i també de les condicions de l'indret en el qual es diposita. Segons la seva procedència, es pot distingir:

- **Sorra d'origen mineral.** Prové de l'erosió de roques de l'escorça terrestre i està composta principalment de minerals, que variaran segons el tipus de roca de la qual es van erosionar. De l'erosió i el transport de roques sedimentàries deriven els llims, les argiles, el gres, etc.; en aquests casos es parla de *sediments terrígens*. El mineral més comú a la sorra és el sílice —un dels més abundants a l'escorça terrestre—, que es troba sovint en forma de quars. Però en alguns llocs podem trobar sorres que contenen feldspat, mica i minerals foscos, com ara ferro i magnesi, que provenen de l'erosió del granit. Aquests elements són transportats pels rius fins a la costa, i per això és més comú trobar-los prop de la desembocadura de rius, lluny del lloc d'on procedeixen. Si a la platja trobem vidre o olivina, per exemple, el més probable és que derivin de roques volcàniques com el basalt, que, per cert, forma el sòl de la majoria d'oceans.

- **Sorra d'origen biològic.** Està formada per les restes de les parts dures (bàsicament esquelets i closques) d'organismes marins; en aquest cas es parla de *sediments biogènics*. El tipus més abundant de sediment biogènic és el calcari, format majoritàriament per carbonat de calci provinent de les restes de closques i esquelets d'organismes microscòpics del plàncton, així com de coralls, algues calcàries i altres organismes, com ara bivalves o equinoderms. De vegades, pot incorporar quantitats de *maërl*, una alga calcària que forma una espècie de nòduls que cobreixen alguns fons marins. Però el sediment biogènic també pot estar compost de sílice si prové de les frústuls de diatomees i radiolaris en indrets on aquests són abundants.

Tot i això, quan analitzem la sorra d'una platja, el més probable és que trobem una barreja d'elements tant d'origen mineral –provinent dels rius que desemboquen a prop– com d'origen biològic– provinent dels organismes marins que habiten aquella zona.

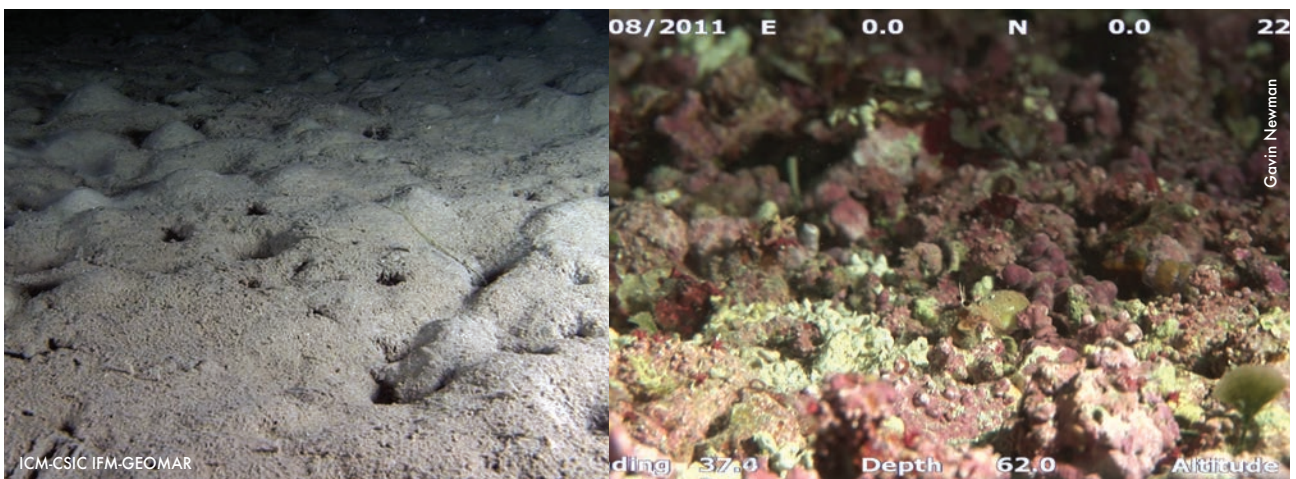


Fig. 4. (←) Molts fons de plataforma continental estan formats per sediments terrígens molt fins, com per exemple argiles i llims, en els quals alguns organismes caven els seus caus. (→) El fons de maërl és un fons d'origen biogènic, on podem observar nòduls calcificats bastant gruixuts.

1.1.2. El color

El color del sediment és un bon indicador de la composició i de l'ambient físic i químic del qual procedeix, i és una característica que es pot veure a ull nu. Per exemple, la sorra que s'origina a partir de roques o laves volcàniques és de color negre o vermell, a causa de la predominança de minerals com el ferro i el magnesi. El color groc indica la presència de sílice, i un color groguenc rosat significa que probablement prové de roques granítiques en les quals hi ha abundància de quars, mica i feldspat. Els grans de sorra de color blanc denoten generalment la presència de carbonat de calci, associat a la presència de restes d'organismes marins.

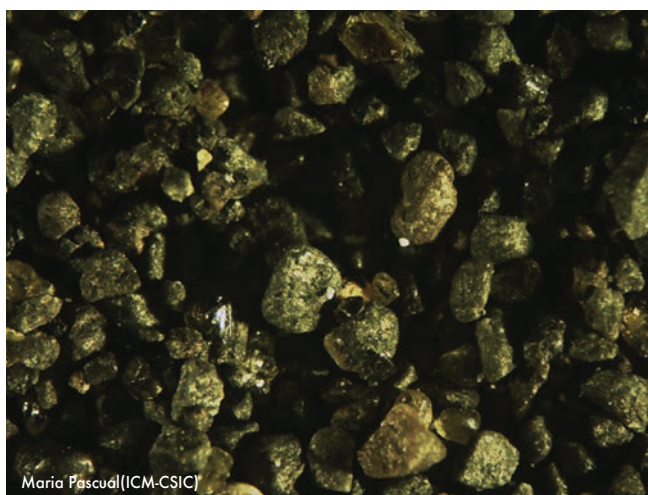
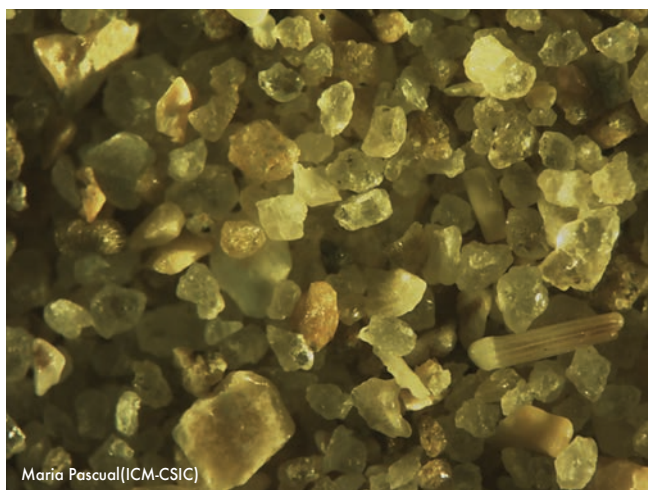
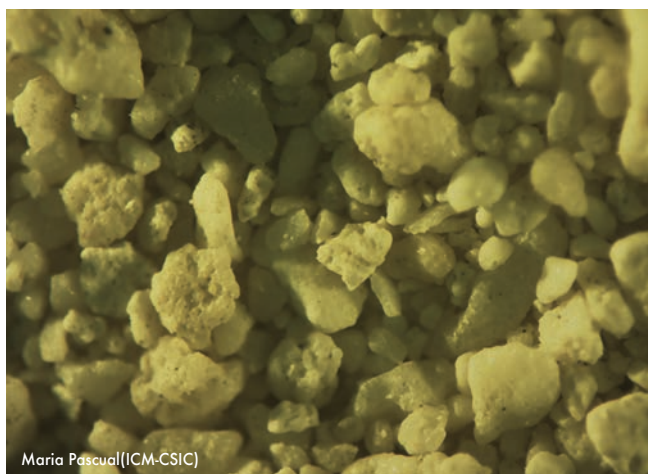


Fig. 5. Tipus diferents de sorra vistos a la lupa: (de ↑ a ↓) sorra biogènica d'una platja de Zanzíbar, sorra mineral d'una platja al País Basc i sorra volcànica d'una platja de les illes Canàries.

1.1.3. La mida

Un dels factors físics que més influeixen en les comunitats biològiques que trobem en un sediment és la mida dels grans que el componen. Per fer una primera aproximació de manera relativament ràpida hem de frotar una mica de sediment entre els dits: els grans de sorra donen lloc a una textura sorrenca, mentre que els llims i les argiles, que tenen les partícules d'una mida més petita que les de la sorra, donen lloc a una textura més suau. En realitat, la majoria dels sediments estan composts d'una barreja de partícules de diferents mides, presents en diferents proporcions. Així, la sorra d'una platja pot estar composta de grans més gruixuts, fins i tot roques, i també de petites quantitats de llims o argiles.

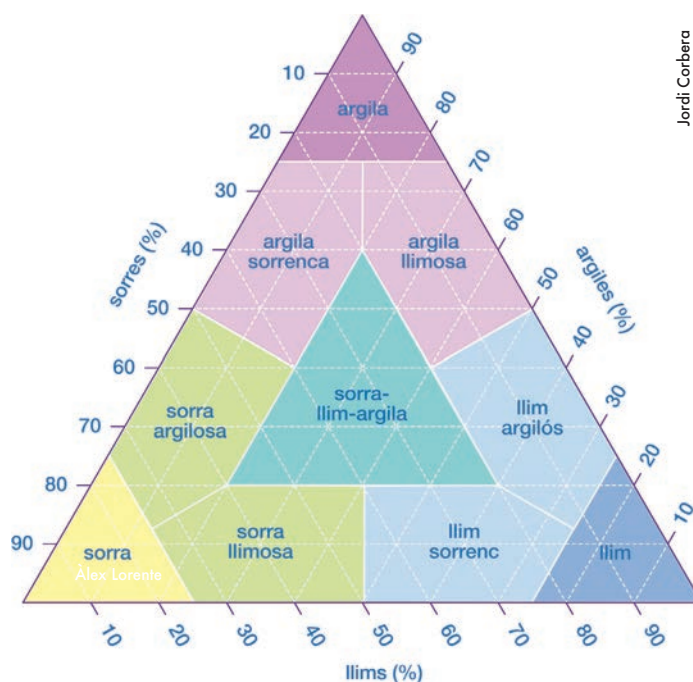
- **Granulometria.** Per determinar amb precisió la composició d'un sediment s'ha de fer un estudi granulomètric. En funció de la seva mida, podem classificar els grans de sediment segons l'escala granulomètrica següent:
 - Pedres i còdols: entre 20 i 2 cm.
 - Graves: entre 20 cm i 2 mm.
 - Sorres: entre 2 i 0,050 mm.
 - Llims: entre 0,050 i 0,002 mm.
 - Argiles: menors de 0,002 mm.

Els llims i les argiles reben de vegades el nom de *lutites* –sediments i roques detrítiques amb uns grans o clasts de diàmetre inferior a 0,05 mm—. Les graves són *rudites* sense cimentar, és a dir, un grup de roques sedimentàries detrítiques amb el diàmetre del gra superior als 2 mm.

Aquesta classificació permet diferenciar i separar els diferents materials que componen un sediment, així com determinar l'abundància de cadascun, i això permet conèixer indirectament l'origen de les partícules, com han estat transportades i quines són les seves propietats mecàniques. Quan la composició dels grans és uniforme, diem que tenen una bona selecció o una bona classificació granulomètrica; si els grans són de mides molt diferents, es parla d'una mala selecció o mala classificació dels grans.

Un dels mètodes més senzills que es poden utilitzar per obtenir aquesta classificació és fer passar la mostra de sediment per uns tamisos (una espècie de coladors) de diferent mida de malla, col·locant-los en una columna en ordre descendent, de manera que el de més llum de malla quedi a la part superior. Després, tota la columna se sotmet a vibració i a moviments rotatoris, sigui manualment o mitjançant una màquina especialitzada. Així, les partícules queden retingudes en cada tamís segons la seva grandària, ja que les malles actuen com a filtres dels diferents grans. Després, amb les proporcions de partícules de cada diàmetre retingudes, es pot fer una corba granulomètrica.

Segons el percentatge de les diferents mides de gra del sediment es pot determinar l'anomenada *textura del sòl*, que és la composició granulomètrica del sediment. Cada terme textural (és a dir, l'adjectiu amb què es qualifica un sediment, com ara *sorrenc*, *argilenc*, *llimós*, etc.) està definit per una determinada quantitat de cadascun dels seus components. Per exemple, un sediment compost d'un 25 % de sorra, un 25 % de llim i un 50 % d'argila es diu que és *argilenc*. Per saber la classe textural del sediment que estem estudiant, es pot fer un diagrama triangular. En aquest diagrama s'expressa la quantitat (en percentatge) de tres dels components del sediment, i a partir d'aquestes dades es classifica el sediment dins d'una categoria determinada.



Jordi Corbera

Fig. 6. Esquema d'un diagrama triangular, on s'observen les diferents classes texturals en funció de la seva composició.

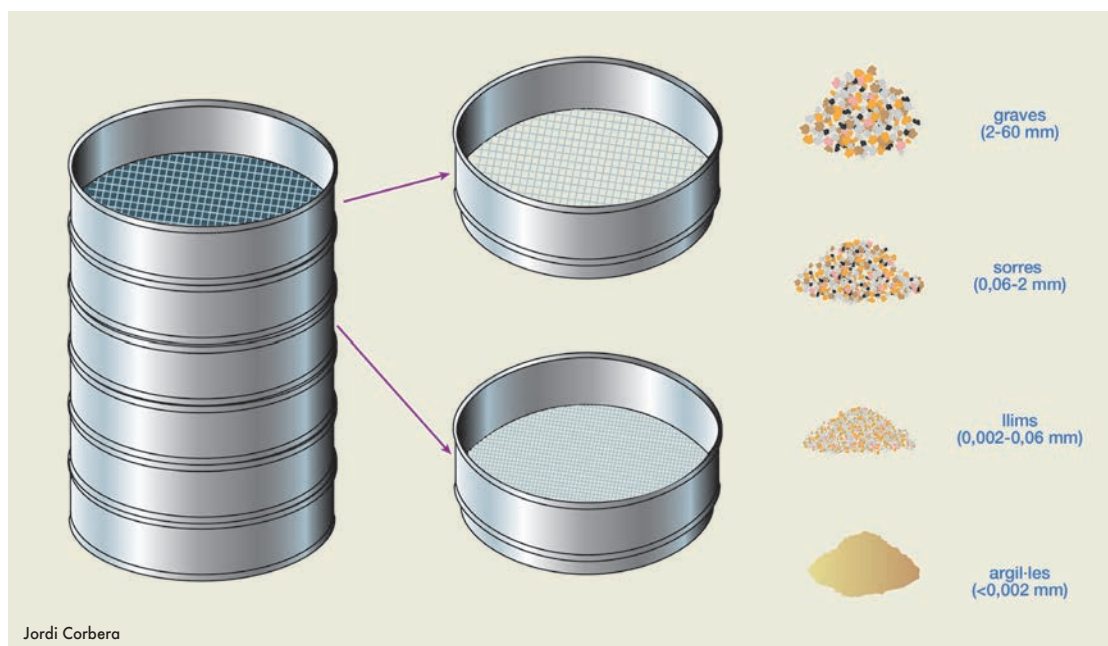


Fig. 7. Esquema d'una columna de tamisos preparada per fer una anàlisi granulomètrica, que serveix per separar grans de diferent mida.

1.1.4. La forma

La forma dels grans serà diferent segons l'origen i l'edat de la sorra, i ens ajudarà a entendre el temps que ha estat transportat el sediment. Un gra més arrodonit indica que ha estat transportat des de més lluny per un riu, pel vent o pel corrent, o que porta més temps de recorregut que una partícula que presenta més irregularitats i vores anguloses. Així mateix, hi ha una relació entre la mida dels fragments i la distància que recorren, de manera que un sediment dipositat lluny del seu lloc d'origen haurà patit més processos erosius, i, per tant, les partícules que el componen seran més petites.

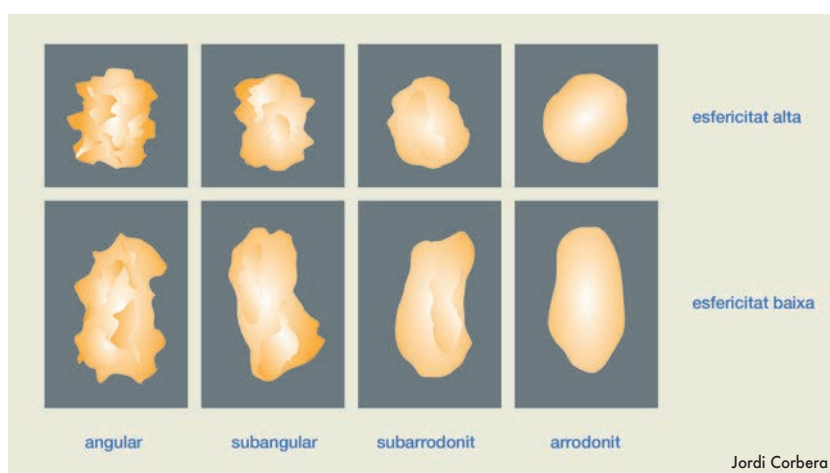


Fig. 8. Esquema en què es mostra la classificació dels grans de sorra segons la seva esfericitat i angulositat.

1.1.5. La composició mineralògica

Els components més comuns de la sorra d'una platja acostumen a ser:

- **Quars.** És el component predominant en la majoria de les sorres, ja que prové de roques granítiques, les més abundants a l'escorça terrestre. Tot i que la coloració i la forma poden variar, el més freqüent és que els grans de quars que componen la sorra siguin incoloros i semi-transparents i d'una consistència vítria.
- **Feldspat.** És de color rosat o blanc, amb la superfície mat —és a dir, sense lluentor.
- **Mica.** Es troba en forma de làmines o cristalls hexagonals, de color negre i molt brillants. Es ratlla fàcilment amb la punta d'una agulla.
- **Carbonat.** Es troba principalment en forma de calcita. En general, és bastant arrodonit, brillant i de coloració variable. Reacciona i es dissol molt ràpidament amb un àcid, per exemple, amb àcid clorhídric (HCl) al 10 %.
- **Fragments de roques.** Són especialment abundants a les graves, i si són inferiors a 25 cm, reben el nom de *còdols*; es poden trobar a la sorra, però amb mides inferiors als 2 mm. Provenen de la fragmentació de diversos tipus de roca, com ara pissarres, micacites, calcàries, gres, etc.
- **Restes orgàniques(bioclasts).** A la sorra de platja podem trobar sovint restes d'organismes marins, com ara conquilles de mol·luscs i de foraminífers, pues d'eriçó, artells de les potes de crustacis, restes de fanerògames marines, etc. Alguns suren un cop s'agita la mostra amb aigua, per la qual cosa es poden separar fàcilment.

2. El sediment com a hàbitat

Encara que pugui semblar un desert de vida, la sorra constitueix l'hàbitat per a una gran varietat d'espècies. No obstant això, com que sofreix contínuament agitació per ones i mareas, aportacions d'aigua dolça, períodes de dessecació, etc., constitueix un hàbitat molt inestable, on la vida és difícil, i els organismes han d'estar adaptats a aquestes condicions inestables. Un dels llocs més accessibles i coneguts composts de sorra són les platges.

2.1. La platja: ambient sedimentari costaner

Les platges estan formades pel dipòsit de partícules sedimentàries de diverses mides, des de fina sorra fins a roques, que s'acumulen al llarg de la costa. La majoria estan compostes de sediments terrígens transportats pels rius fins a la costa, o erosionats dels penya-segats i del llit marí. Aquests materials es barregen amb d'altres d'origen biològic, com ara conquilles i esquelets d'organismes marins, que són portats a la platja per onades i corrents i constitueixen la sorra de platja que coneixem.

El tipus de sorra d'una platja ens pot donar informació sobre el seu origen: si és de gra més gruixut, segurament ve del mar, transportada pels corrents; si, en canvi, és de gra més fi, segurament provingui gairebé directament dels rius; si, en canvi, és molt fina i de color blanc, com la de les platges properes als esculls tropicals, deriva de la fragmentació dels esquelets de coralls. La força de l'onatge i del vent distribueixen tots aquests materials al llarg de la costa, en funció de la seva mida. En general, la sorra més gruixuda, com la grava o els còdols, és empesa cap a la part més alta de la platja; les partícules més petites, en canvi, acostumen a quedar-se més a prop de la riba o als extrems de la platja. De fet, la mida del sediment que compon una platja tendeix a indicar l'energia de l'onatge i del vent a la zona: les platges molt exposades a l'onatge i a mareas fortes solen presentar grans de mida gran, fins i tot pedres, mentre que les platges més protegides acostumen a ser de sorra més fina. Això es deu al fet que les onades i els corrents exerceixen l'efecte de «netejar» el sediment, emportant-se els grans més fins cap a altres indrets. Per tant, el grau d'exposició d'una platja influirà en l'abundància i la riquesa de fauna que hi habita.

Una platja és un lloc dinàmic, i la seva forma pot variar en funció de l'època de l'any. Al hivern, el vent fort genera ones de més grandària, que impacten a la riba, arrossequen la sorra mar endins i erosionen la costa. Per això, a l'hivern, algunes platges presenten un fort pendent. A l'estiu, les ones són habitualment més suaus, i això permet que la sorra sedimenti i torni a cobrir la riba. De vegades, la presència de dunes estabilitzades per la vegetació protegeix la costa d'aquesta erosió. Aquesta inestabilitat afecta totes les comunitats d'organismes que viuen a les platges, que han de presentar adaptacions per fer-hi front.

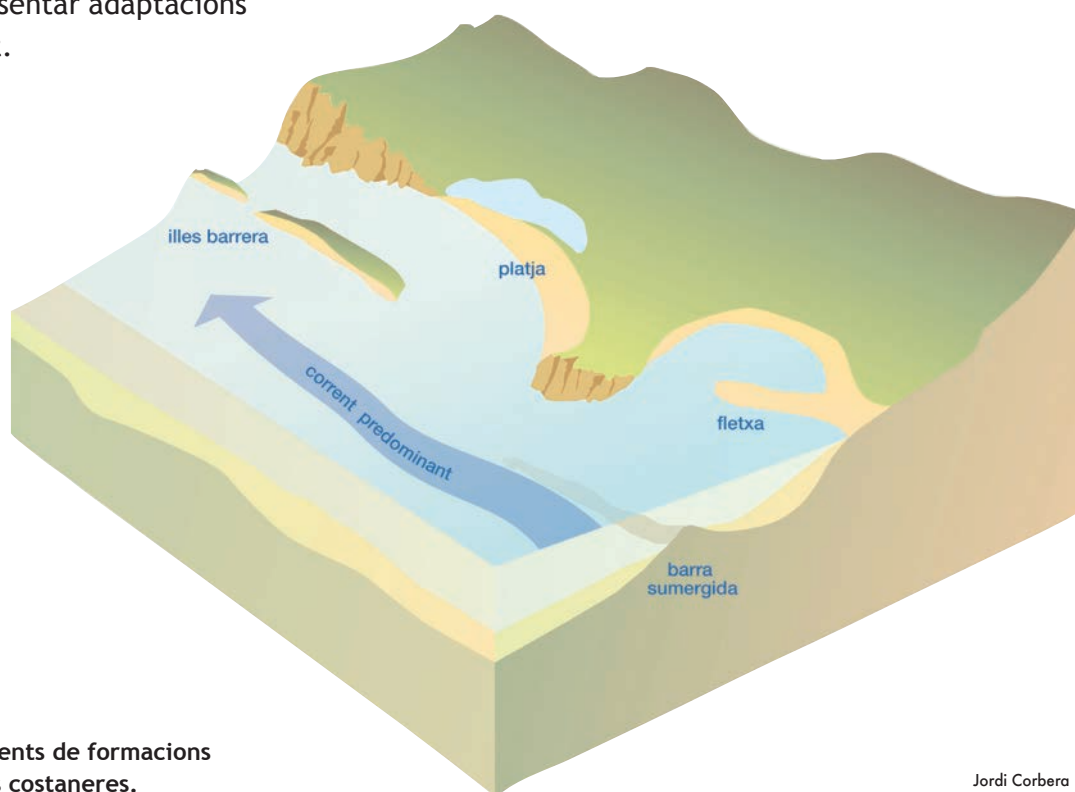
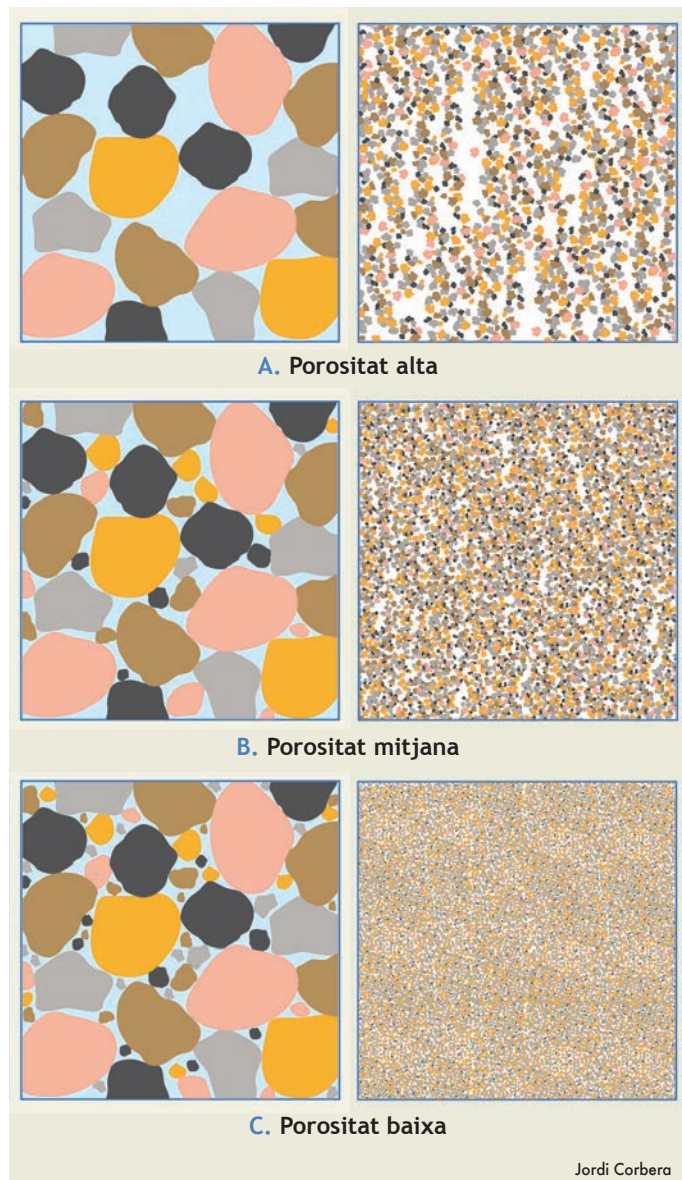


Fig. 9. Tipus diferents de formacions sorrenques costaneres.

Jordi Corbera

2.2. Factors que limiten la vida a la sorra

El principal factor que condiona la vida en una platja de sorra és el tipus de sediment, però, sobretot, la mida dels grans que la componen —més fins o més gruixuts—. Això es deu al fet que la mida del gra influeix en altres característiques del substrat, com ara la seva capacitat de retenció de l'aigua, la seva mobilitat, la seva porositat —l'espai d'aire que queda entre els grans—, el seu contingut en matèria orgànica, la quantitat d'oxigen disponible, etc.; tots aquests factors condionen la vida a la sorra. La sorra fina o mitjana, per exemple, reté més aigua que la sorra gruixuda o molt gruixuda. Això és important en zones intermareals, com ara la platja, on els organismes depenen en part d'aquesta aigua (anomenada *aigua intersticial*) per resistir els períodes de dessecació, durant la marea baixa; a més, és d'aquesta aigua d'on els organismes extreuen l'oxigen que necessiten. Per tant, en una platja de sorra fina trobarem segurament més organismes que en una platja de sorra més gruixuda o de roques. Però no només la mida dels grans és important, també ho és la proporció entre les diferents mides de gra o, dit d'una altra manera, la uniformitat del sediment. Si els grans són de la mateixa mida, deixen més espai entre ells perquè circuli l'aigua, de la qual els organismes poden extreure l'oxigen; en aquests casos, es diu que hi ha més porositat. Si, per contra, els grans són de mides molt diferents, l'aigua té dificultats per penetrar-hi, perquè els grans fins omplen els espais que queden entre els de mida gran, i, per tant, es diu que hi ha menys porositat.



Jordi Corbera

Fig. 10. La mida dels grans en si i l'heterogeneïtat de la mida dels grans presents al sediment afecten la seva porositat. Quan hi ha molts grans molt fins (C →) o quan hi ha grans de mida molt diferent (C ←) l'aigua té més dificultats per penetrar en el sediment.

Altres factors físics, com ara el grau d'exposició de la platja, la profunditat o la situació geogràfica de l'indret, també influeixen en la quantitat i diversitat de la fauna a la sorra.

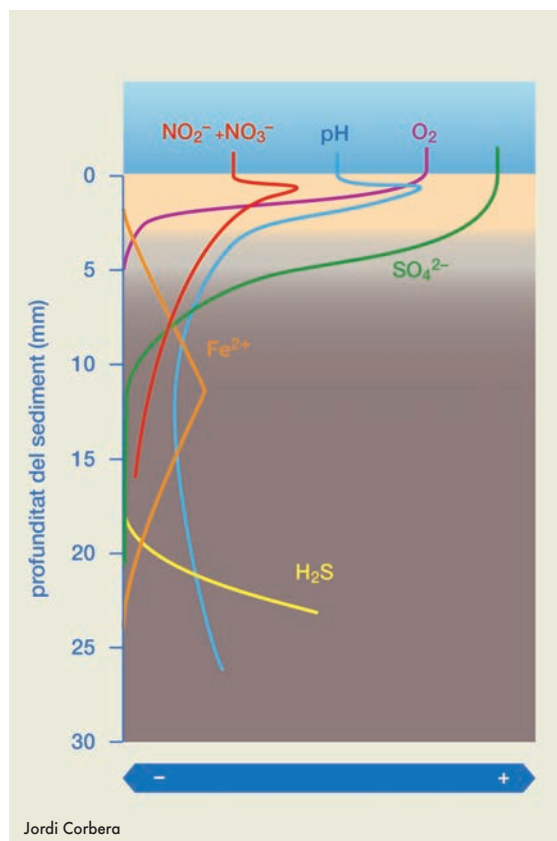


Fig. 11. Esquema en què es mostren els patrons generals dels gradients d'algunes substàncies químiques en el sediment. S'hi pot observar que l'O₂ es concentra a les capes superficials, on hi ha més renovació d'aigua. Per això, la vida aeròbica es concentra en els primers centímetres.

2.3. Estratègies per viure a la sorra

Els sediments més gruixuts que es dipositen a la costa —transportats majoritàriament per rius i glaceres— estan constantment agitats per onades i mareas. La sorra i la grava són, doncs, un hàbitat mòbil i ben oxigenat. Les partícules en moviment són molt abrasives, per la qual cosa en aquest ambient molts organismes desenvolupen conques o closques dures que protegeixen les parts toves del seu cos. Els habitants típics són, per tant, organismes altament mòbils, com ara mol·luscs de conquilla dura, equinoderms, crancs, crustacis i poliquets excavadors, que es mouen sobre la sorra o entre els grans, sovint sense construir refugis permanents.

L'estratègia més estesa per escapar de la sequedat i del fort embat de les onades és enterrar-se en el substrat, cavant profundes galeries a la sorra. Molts s'enterren durant el dia i surten a la nit per alimentar-se, i d'aquesta manera eviten els seus depredadors. A la part alta de la platja, per exemple, la superfície està seca, però si cavem uns quants centímetres, la sorra que trobem està fresca i humida; allà, alguns crancs troben ombra i humitat en forats que caven a la sorra, i, si se senten amenaçats, hi desapareixen ràpidament de la vista. Més a prop de la costa, alguns crancs i cloïsses també s'amaguen a la sorra per evitar ser arrossegats per les onades, i

aprofiten per filtrar les partícules de l'aigua que els serveixen d'aliment (per això es diu que són organismes filtradors). La vida d'aquests animals acostuma a estar molt condicionada pels cicles de marea. Els mecanismes per excavar són molt variats: molts bivalves i gasteròpodes empenen els seus peus musculars; la majoria dels crustacis empenen els seus apèndixs anteriors, mentre que els eriçons i les estrelles de mar s'enterren gràcies a les seves fileres de pues; entre els poliquets, n'hi ha que utilitzen la trompa o els parapodis, i d'altres ho fan mitjançant ondulacions del cos.

Alguns organismes molt petits viuen entre els grans de sorra, en comptes d'excavar, i constitueixen l'anomenada *meiofauna*. Entre aquests organismes hi ha representants de molts grups d'invertebrats, com ara petits crustacis, mol·luscs i cucs, però també organismes unicel·lulars com bacteris, diatomees i protists. Per moure's, molts presenten cilis i cossos filiformes, adaptacions que els permeten obrir-se pas entre els grans a la recerca d'aliment. Alguns d'ells, com els hidroïdeus, empren els grans de sorra com a suport, ancorant-s'hi. La meiofauna està, per tant, molt influïda per la mida dels grans, de manera que com més fins són aquests, menys espais queden entre ells i menys organismes poden viure-hi potencialment. Els bacteris que viuen dins del sediment descomponen les restes orgàniques que el flux i reflux de la marea transporta fins a la costa. Les comunitats de meiofauna tenen un rol fonamental en el reciclatge de la matèria orgànica i, a més, són l'aliment de nombrosos organismes, com ara isòpodes, nematodes i bivalves.

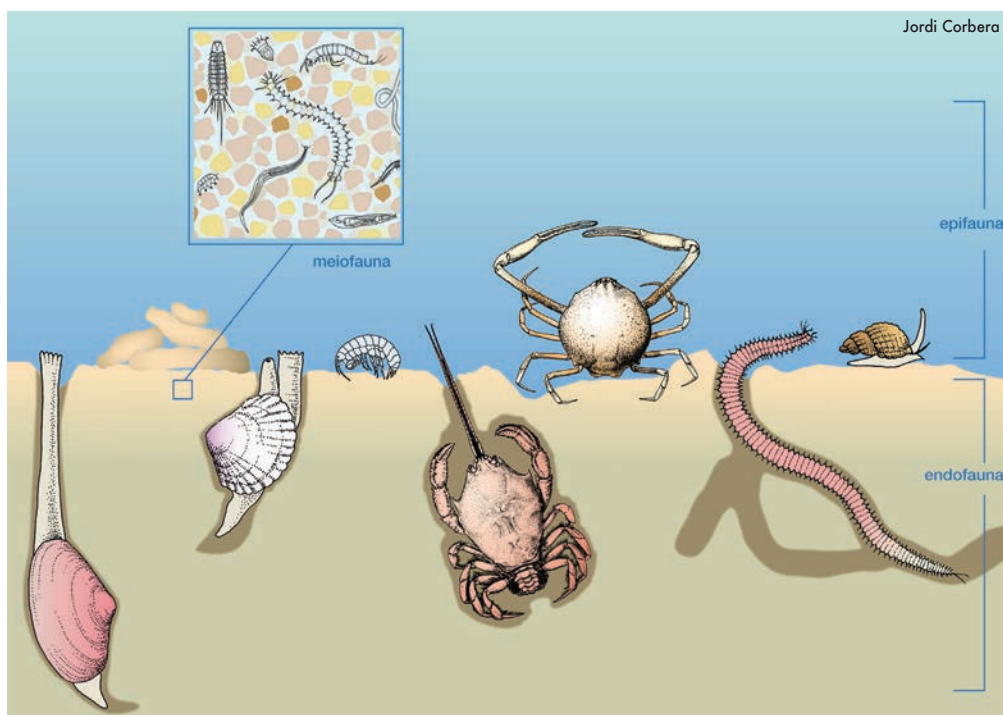


Fig. 12. Alguns organismes simplement es desplacen i viuen sobre el sediment (*epifauna*); altres, en canvi, remouen el sediment i viuen a dins (*endofauna*). La *meiofauna* o *fauna intersticial* és la fauna petita que viu entre els grans de sediment.

Els patrons cíclics diaris de mareas i onades són sovint els que porten les fonts d'alimentació a la platja. Molts animals furguen en la sorra a la recerca de detritus —restes de matèria orgànica en descomposició— dipositats per les onades entre els grans, i per això s'anomenen *detritívors*. Però també hi ha organismes filtradors, com ara alguns crancs, que es mouen per la platja amb la marea: quan la marea puja, ascendeixen fins a la zona de batuda, es desenterren just abans que

l'onada trenqui i estenen les antenes per filtrar-ne les partícules; després s'enterren per evitar ser arrossegats per l'onada. A mesura que la marea baixa, fan el contrari; s'enterren just abans que arribi l'onada, i surten quan aquesta arriba. Alguns bivalves que viuen enterrats a la sorra utilitzen uns sifons, que estenen fora de la superfície del substrat, per succionar aliment i gasos i excretar les seves deixalles.

Sovint arriben, arrossegades des de mar endins, restes d'algues o fanerògames que s'acumulen a la costa. Aquestes formen un hàbitat passatger mentre es degraden, i constitueixen un substrat orgànic que atreu nombroses espècies de crustacis, nematodes i gasteròpodes, entre d'altres.

Als substrats de sorra també hi ha depredadors. Els cargols lluna excaven a la recerca de cloïsses, en perforen les conquilles i les ingereixen. Les estrelles de mar també són voraces depredadores: amb els seus braços obren les valves de les conquilles dels mol·luscs bivalves dels quals s'alimenten. Molts peixos s'alimenten dels organismes i de les restes orgàniques que hi ha als substrats de sorra; alguns tenen l'habilitat de mimetitzar-se amb la sorra —adquirir el mateix color que l'entorn— i així escapen dels seus depredadors alhora que no són vistos per les seves preses.

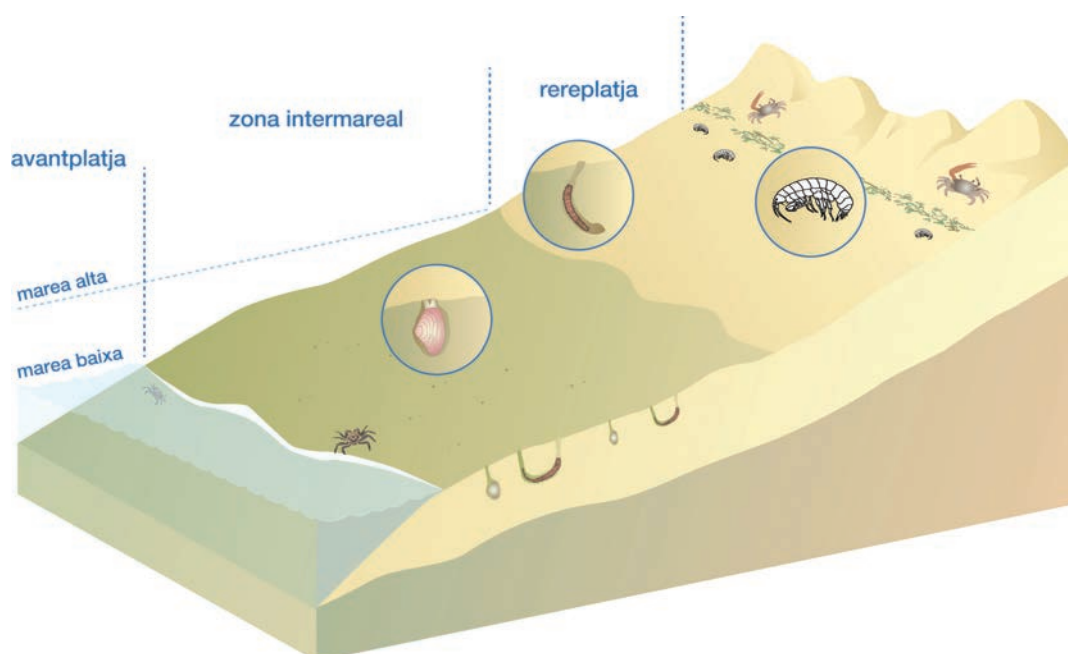
Alguns depredadors o carronyaires de mida més gran, com ara certes aus, però també organismes terrestres com mosques i escarabats, sovint freqüenten la platja a la recerca de menjar.



Fig. 13. (De ← a → y de ↑ a ↓) Alguns crancs de fondària (*Munida rugosa*) són detritívors. Les navalles (*Ensis* sp.) són organismes filtradors. Les plomes de mar, com aquest *Pteroides spinosum*, són suspensívors. Les holotúries són sedimentívors.

3. Zonació en una platja

A les platges de sorra hi ha un patró de zonació. Tot i que no és tan obvi com a les zones rocoses, ja que molts organismes viuen enterrats i d'altres es mouen per la platja amb la marea. Aquest patró pot variar d'un lloc a l'altre, amb la substitució d'espècies depenent de la latitud i de les característiques de l'indret, però en general es poden delimitar diverses zones en una platja. L'aigua es drena ràpidament a la sorra i, a causa del pendent de la platja, la part alta està normalment més seca que la part baixa de la platja. Així, en una platja cal distingir: la zona de dunes, que queda normalment fora de l'abast de l'onatge i està seca, en general habitada per pocs organismes, entre els quals destaquen crustacis anfípodes i isòpodes, com ara la puça de mar (*Talitrus* sp.), i alguns crancs, que s'aixopluguen en forats que caven en la sorra; la zona alta o supramareal, que en els llocs amb marees fortes només queda submergida durant les marees més altes, i al descobert la resta del temps, i que acostuma a estar habitada majoritàriament per organismes que viuen enterrats, com ara poliquets i mol·luscs bivalves; la zona intermareal, que limita amb el mar i pot quedar al descobert durant les marees baixes; i, finalment, la zona litoral, que és està permanentment submergida i inclou la part on trenquen les onades i, per tant, el moviment dels sediments és més gran. Aquí els dòlars de sorra, les estrelles de mar, els eriçons de mar i els crancs, entre d'altres, fan les seves activitats diàries i busquen aliment.



Jordi Corbera

Fig. 14. Representació esquemàtica de la situació d'alguns organismes en les diferents parts de la platja.

II. Possibilitats d'estudi

La forma d'una costa depèn de l'efecte dels factors ambientals sobre ella. Dins dels ambients costaners, les platges són uns dels llocs més accessibles i coneguts. Tot i que puguin semblar ambients estàtics, són dinàmics i estan en canvi constant, i aquests canvis poden ocórrer en períodes curts de temps. L'observació i l'anàlisi de la sorra que compon una platja permet obtenir, de forma propera i directa, molta informació, com ara els processos pels quals es formen els sediments, i els factors que afecten la morfologia d'una platja i que la transformen, inclòs l'impacte causat per l'ésser humà; però també descobrir que constitueix l'hàbitat de nombrosos organismes.

L'activitat proposada permet fer una anàlisi geològica i biològica gairebé simultània, amb una classificació granulomètrica i química de la sorra i una anàlisi dels organismes que viuen entre els grans. Alguns dels aspectes que es poden treballar i abordar separatament o conjuntament són:

- **Anàlisi granulomètrica.** Consisteix a analitzar la textura, és a dir, la proporció relativa de les partícules minerals, graves, sorres, llims i argiles que componen la sorra, classificats segons la seva abundància i mida, a través d'una escala granulomètrica: a observar les diferents morfologies i colors de les partícules; i a reconèixer l'heterogeneïtat del substrat i identificar i separar materials diferents (graves, sorres, llims, argiles). Tot això pot donar una idea del seu origen (sediment terrigen, sediment biogènic, etc.) i dels mecanismes de sedimentació (per cursos d'aigua, vent, gel, etc.).
- **Anàlisi química.** Consisteix a quantificar el contingut de carbonats i de matèria orgànica, i això permet relacionar el contingut de tots dos segons la procedència de la sorra. Així mateix; la prova de la terbolesa permet determinar la presència de llims i argiles en el sediment.
- **Dinàmica litoral, evolució temporal d'una platja i factors ambientals.** Consisteix a conèixer els processos de deriva litoral, erosió i sedimentació i com l'ésser humà modifica aquests processos i causa un impacte a la costa; així com a identificar els principals paràmetres ambientals que caracteritzen l'ambient sedimentari d'una platja i relacionar-los amb la composició granulomètrica de la sorra.
- **Estratificació.** Consisteix a analitzar el sediment (tipus, fauna associada, etc.) obtingut a diferents profunditats.
- **Diversitat, hàbitat i zonació.** Observació dels diferents grups d'organismes que viuen a la sorra. Observar les adaptacions que presenten per viure en un medi tan inestable. Analitzar la sorra agafada en diferents llocs de la platja (zona alta i zona baixa, i zona intermareal, si existeix) i comparar si la fauna associada és diferent en una zona i en l'altra.
- **Ritmes ambientals i estratègies ecològiques.** Veure els diferents organismes que viuen entre els grans de sorra en diferents moments del dia i en diferents estacions de l'any. Es pot relacionar amb l'estudi de les estratègies ecològiques (p.e. tròfiques) entre diferents grups d'organismes.

III. Protocol de mostreig

1. Materials i mètodes per a la recollida i l'anàlisi de les mostres de sorra

1.1. Recollida de mostres

1.1.1. Material de camp

- Càmera fotogràfica
- Taula de dades de camp impresa o una llibreta
- Llapis
- Brúixola
- 6 pistons de mà o, si no n'hi ha, 6 tubs amb la part superior foradada, amb la seva tapa cadascun
- Pots de plàstic
- Safates de plàstic
- Retolador indeleble
- Termòmetre
- Formol al 5 %
- Guants
- Ulleres de laboratori
- Nevera portàtil

1.1.2. Metodologia de recollida de les mostres

Una vegada estigueu al lloc de mostreig, anoteu, en una taula o en una llibreta, tota la informació que posteriorment pugui ser útil com a referència, per exemple, dades ambientals de la zona – temperatura de l'aigua, orientació de la platja, estat del mar, exposició i inclinació de la platja, onatge, etc.–, així com de qualsevol altra observació que trobeu important –si hi ha alguna urbanització a prop, si hi ha escombraries a la platja, restes orgàniques, etc.–. És molt aconsellable que prengueu fotografies tant del lloc triat com del procediment de recollida de les mostres i dels punts d'extracció de la sorra, així com de les mostres en si, un cop recollides.

Un cop hagueu anotat les condicions ambientals i la resta de dades relatives a les mostres, prepareu el material: és recomanable que tingueu referenciats, abans de procedir a recollir les

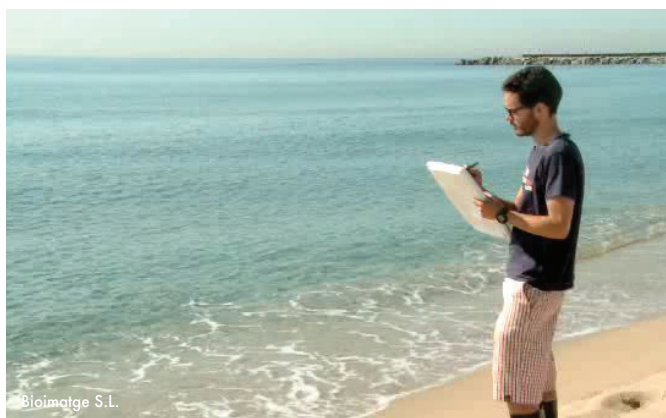


Fig. 15. (←) Abans d'agafar les mostres és convenient anotar les condicions ambientals i les dades relatives al lloc i a la mostra, així com prendre algunes fotografies. (→) Taula de dades del centre.

CENTRO EDUCATIVO: _____

Fecha del muestreo _____

Estación (lugar del muestreo) _____

Coordenadas GPS _____

Fotografías in situ Sí No

Zona de muestreo (intermareal, mesolitoral, ...) _____

Temperatura ambiental (°C) _____

Temperatura del agua (°C) _____

Fuerza de las olas (del 1 al 5) _____

Marea Alta Baja

Número de muestras recogidas _____

Tipo de sustrato _____

Inclinación de la playa _____

Observaciones _____

mostres, els pots de recollida —a la paret del pot i amb retolador indeleble heu d'escriure, com a mínim, el nom de la mostra, dia i hora de recollida, lloc de recollida i si es tracta d'una mostra fixada amb formol o no).

A continuació es detalla un exemple de mostreig bàsic complet, que es pot adaptar segons el que cadascú vulgui estudiar.

0. El primer pas és escollir els punts de mostreig a la platja. Es tracta de prendre mostres de sorra en diferents parts de la platja: tres rèpliques a la part més alta de la platja, és a dir, a la zona seca, que només queda submergida durant les mareas més altes; i tres rèpliques a la zona intermareal o baixa, és a dir, a la zona que queda compresa entre el nivell màxim a què arriben les onades i la línia de mar.
1. Introduïu el pistó de mà (*corer* en anglès) a la sorra, fins a una profunditat aproximada de 15 cm: així es recull una porció de sorra superficial. Introduïu el pistó en el sediment, deixant lliure el forat que hi ha a la part superior; per treure el pistó de mà de la sorra, tapeu el forat amb el polze (o amb la tapa) per fer el buit i evitar així que la sorra caigui del pistó. A continuació col·loqueu una tapa (perquè la sorra no caigui) i guardeu la mostra al pot de plàstic degudament retolat amb la data, el nom de la platja, etc. Les rèpliques (es recomana un mínim de tres) es fan en punts equidistants, tot i que no gaire separades entre ells —d'aquesta manera ens assegurem que les condicions ambientals de cada rèplica són les mateixes—. Les rèpliques ens serveixen per tenir material suficient, atès que caldrà fer diverses anàlisis al laboratori.
2. Un cop tingueu les mostres als pots, heu de conservar-les en fred (a la nevera de mà i a la nevera de l'escola o de casa, quan arribeu) per analitzar-les posteriorment. Per poder fer l'anàlisi

biològica al laboratori, caldrà fixar una de les mostres per conservar els organismes presents i que no es deteriorin. Per fer-ne la fixació immediata en formol, calculeu el 5 % del volum de la mostra, afegeiu a la mostra aquesta quantitat del preparat de formol amb l'ajuda de la xeringa de plàstic i tanqueu el pot de seguida. Etiqueteu aquesta mostra diferencialment perquè sapiguen que és la que conté formol i que, per tant, cal manipular amb molta cura.

Observacions: És necessari utilitzar guants per manipular el formol i evitar danys a la pell, així com protegir-se'n degudament (l'ideal és utilitzar ulleres de laboratori, bata, mascareta i guants) i manipular-ho en ambients airejats.



Fig. 16. (De ← a → y de ↑ a ↓) Representació esquemàtica de la presa de mostres de sediment i les seves rèpliques en diferents parts de la platja. *Corers* per a l'extracció de la mostra, degudament retolats. Quan treieu el *corer* de la sorra, manteniu-ne l'extrem superior tancat; i, un cop extret, manteniu-lo en posició horitzontal mentre tapeu l'altre extrem.

Aquest mateix procediment es duu a terme tant a la zona seca com a la zona intermareal, de manera que s'obtenen un total de 6 mostres i, per tant, 6 pots de plàstic amb sorra. Per a un treball més extens, es poden escollir diverses platges, que presentin diferents condicions ambientals, més o menys exposades a l'onatge, amb aportacions de rius, zones més o menys freqüentades per banyistes, zones amb diferent grau de contaminació (per exemple, amb urbanitzacions properes), etc., així com composicions visiblement molt diferents (platges de pedres o còdols i platges de sorra).

1.2. Anàlisi de les mostres

1.2.1. Material de laboratori

- Pots amb les mostres recollides
- Bateria de tamisos de 500, 250, 125, 0 micres de llum de malla
- Lupa binocular
- Retolador indeleble
- Safates de plàstic
- Got de precipitats
- Vareta de vidre o cullera
- Bàscula
- Aigua destil·lada
- Aigua oxigenada de 60 volums
- Xarxes d'1 mm i de 200 micres
- Solució d'àcid clorhídric (HCl) al 10 %
- Plaques de Petri
- Tubs d'assaig
- Guants
- Plaques de plàstic
- Etiquetes
- Paper i llapis
- Pinces
- Agulla

1.2.2. Tractament de les mostres

Si ho desitgeu, podeu separar cada mostra en part superior (*top*) i part inferior (*bottom*), i fer les anàlisis tenint en compte aquesta distinció.

- Anàlisi granulomètric.** Té com a objectiu determinar en quina quantitat estan presents partícules d'una certa mida en el material analitzat. Per fer-ho s'utilitza el mètode dels tamisos: escolliu una de les rèpliques de cada zona mostrejada i poseu-la a assecar en un forn o estufa (idealment a 80 °C perquè anirà més ràpidament) o a temperatura ambient. Un cop seca, pesu la mostra en una balança i anoteu el valor obtingut. Després mesurareu la mida dels grans mitjançant l'ús de sedassos o tamisos. El principi bàsic d'aquest mètode consisteix a passar una mostra de pes conegut a través d'una sèrie de tamisos, cadascun amb un diàmetre de malla determinat: 500, 250, 125 o 0 micres (aquest últim, anomenat *tamís cec*). Els tamisos es col·loquen en forma de columna, els uns damunt dels altres en ordre descendent segons la mida de la malla, de manera que el tamís de llum de malla més gran queda a dalt. Agregueu la mostra a la part superior de la columna i sotmeteu-la a vibració, sigui manualment o mitjançant un vibrador mecànic si n'hi ha al laboratori, durant 20 minuts aproximadament. Passat aquest temps, desacobleu els tamisos: en cada un hauran quedat retingudes partícules d'una determinada mida, que novament pesareu a la balança. La suma dels pesos obtinguts s'ha de correspondre amb el pes total del material que inicialment va col·locar en la columna de tamisos. Tenint en compte el pes total del material i el pes de les partícules retingudes en cada tamís, estimeu, mitjançant un càlcul, el percentatge corresponent a cada pes de les partícules retingudes. Amb aquests resultats podeu elaborar una corba granulomètrica, que permet visualitzar l'homogeneïtat o heterogeneïtat que tenen les partícules de la mostra mostra gràcies a una escala granulomètrica.

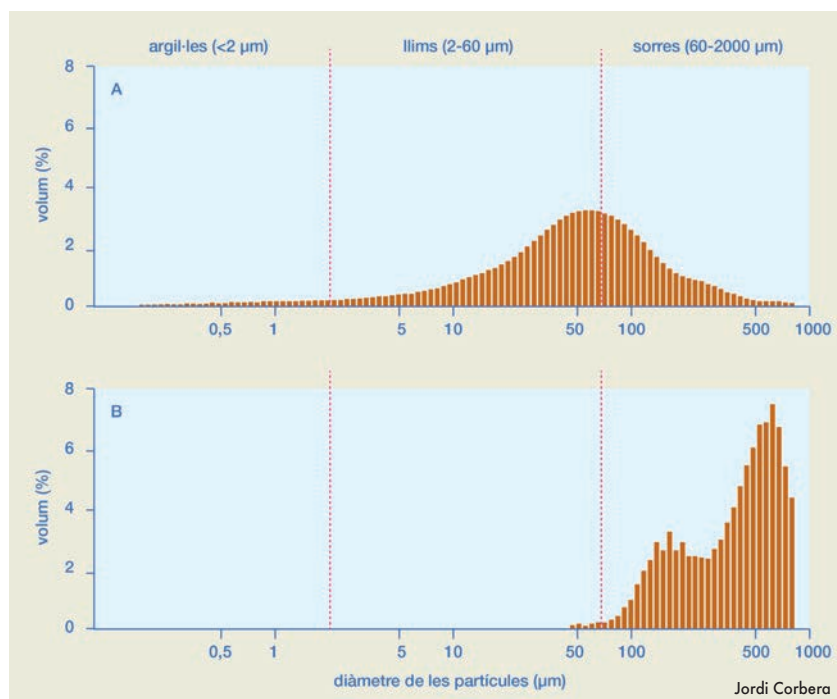


Fig. 17. Exemple de les corbes granulomètriques que podeu obtenir després de fer l'anàlisi granulomètrica.

Un altre mètode possible, si no teniu els tamisos per fer la granulometria, consisteix a enganxar, sota una placa de Petri de plàstic, un tros circular de paper mil·limetrat (de la mateixa mida que la base de la placa). Seguidament poseu, a la placa, mitja cullerada petita o una punta d'espàtula de la vostra mostra de sediment, repartiu-la bé i observeu-la sota la lupa binocular. Llavors podeu apuntar quina és la mida dels grans més abundants que teniu a la mostra, així com les mides dels grans més petits i dels més grans.

Aquesta anàlisi és més aviat qualitativa i no proporciona dades numèriques exactes, per la qual cosa no podreu fer una corba granulomètrica, però sí que us permetrà fer-vos una idea de la mitjana aproximada de la mida del gra de la vostra mostra de sediment.

- **Angulositat i esfericitat dels grans.** D'una banda, aquestes característiques ens donen informació sobre un aspecte de la història geològica de la platja: el temps que han estat transportats els grans (si la majoria dels grans són molt angulosos, per exemple, significarà que, probablement, han estat poc transportats). D'altra banda, l'angulositat i l'esfericitat dels grans influeixen en els intersticis que queden entre els grans i, per tant, condicionen els moviments dels organismes que viuen a la sorra, a més d'afectar altres propietats del sediment. Mitjançant una plantilla (fig. 18) es poden analitzar fàcilment aquestes característiques. Es tracta de recomptar, sota una lupa binocular, una quantitat determinada de grans (p. ex., uns 50, perquè la tasca no resulti massa llarga i laboriosa). Assigneu a cada gra un valor seguint la plantilla, i elaboreu una taula amb totes les dades, com la que us proposem a la figura 19.

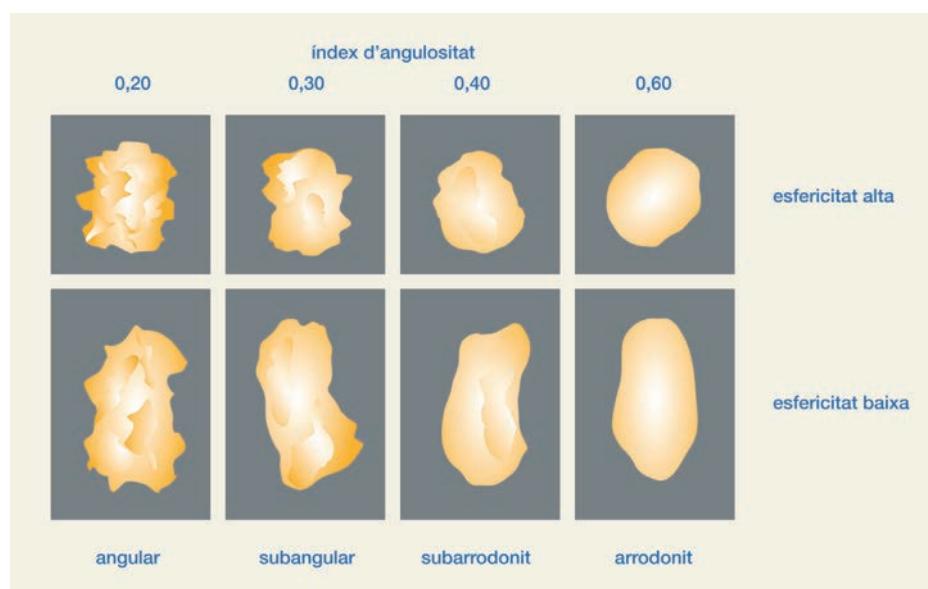


Fig. 18. Plantilla en què es mostren els índexs d'angulositat.





	Granulometria dels grans			Forma dels grans			
	Graves (nombre de grans de més de 2 mm)	Sorres (nombre de grans d'entre 0,05 i 2 mm)	Llims i argiles (nombre de grans de menys de 0,05 mm)	Angulosos 	Subangulosos 	Subarrodonits 	Arrodonits 
Bioclasts (restes orgàniques, com ara conques, pès d'eriçó, esquelets d'organismes, etc.)							
Calcita (colors blanc o taronja brillants)							
Biotita (fosc i brillant; es trenca fàcilment amb una agulla)							
Quars (incolores o gris; sovint té superfícies planes que brillen; sembla vidre)							
Fragments de roca (formats per diversos minerals, amb diferents colors)							
Minerals pesats (foscos, no es trenquen fàcilment amb una agulla)							
Ortòclasi (roses i mats)							

Fig. 19. Exemple de taula en què podeu recollir les dades relatives a l'angulositat, composició i granulometria dels grans que conteu.

I, a continuació, s'aplica la fórmula següent:

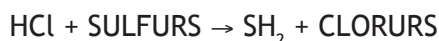
$$\text{Índex} = \frac{\sum (\text{num de grans de cada classe} \times \text{índex angulositat})}{\text{nombre total de grans examinats}}$$

En general, l'índex tindrà un valor d'entre 0 i 1, de manera que com més alt sigui el valor (més proper a 1), més arrodonits seran els grans del sediment; i, en canvi, com més baix sigui el valor de l'índex (més proper a 0), més angulosos seran la majoria dels grans.

- **Anàlisi de carbonats.** Per fer aquesta anàlisi, agafeu una mostra de sediment de cada zona de mostreig. Col·loqueu-les en una placa de Petri i afegiu-hi una solució d'àcid clorhídric al 10 %. Si la mostra conté partícules de carbonat de calci, observareu una efervescència immediata i intensa, durant la qual el carbonat present es dissoldrà, segons la reacció:



Si, un cop afegit l'àcid clorhídric, se'n desprèn una olor d'ous podrits, això significa que el sediment conté sulfurs. Aquesta olor es deu a la formació d'àcid sulfhídric, per la reacció dels sulfurs amb l'àcid clorhídric, segons la fórmula general:



Nota: Si observeu diferències visuals entre la part superficial i la més profunda del sediment, també podeu agafar submostres d'ambdues parts de cada rèplica i fer aquesta prova, per comparar les parts superficial i profunda del sediment.

- **Anàlisi de matèria orgànica.** Aquesta prova es basa en el fet que l'aigua oxigenada, en degradar la matèria orgànica, s'hidrolitza i allibera oxigen lentament, segons la reacció:



Per comprovar si el sediment conté matèria orgànica, ompliu un tub d'assaig amb aigua oxigenada de 60 volums fins a la meitat. Introduïu-hi una petita mostra de sediment i deixeu-ho reposar durant 10 minuts. Passat aquest temps, observeu el tub de prop: el despreniment de bombolles, a causa de l'alliberament d'O₂, indica que l'aigua oxigenada està oxidant la matèria orgànica.

- **Prova de la terbolesa.** Serveix per testar la presència de llims i argiles a la mostra de sediment. Per fer-ho, agafeu una petita mostra de sediment i repartiu-la, en parts iguals, en dos tubs d'assaig. En un dels tubs afegiu aigua oxigenada de 60 volums fins a la meitat: aquesta aigua disgregarà les partícules fines i eliminarà la matèria orgànica present al sediment; a l'altre tub, que us servirà de «control» (és a dir, per comparar amb el tub que conté aigua oxigenada), afegiu el mateix volum d'aigua destil·lada. Deixeu-los reposar 5 minuts; després, agiteu els tubs durant uns 15 segons aproximadament i observeu el grau de terbolesa de l'aigua. Els resultats es poden expressar mitjançant una escala semiquantitativa, del tipus «molt tèrbol/poc tèrbol/gens tèrbol».

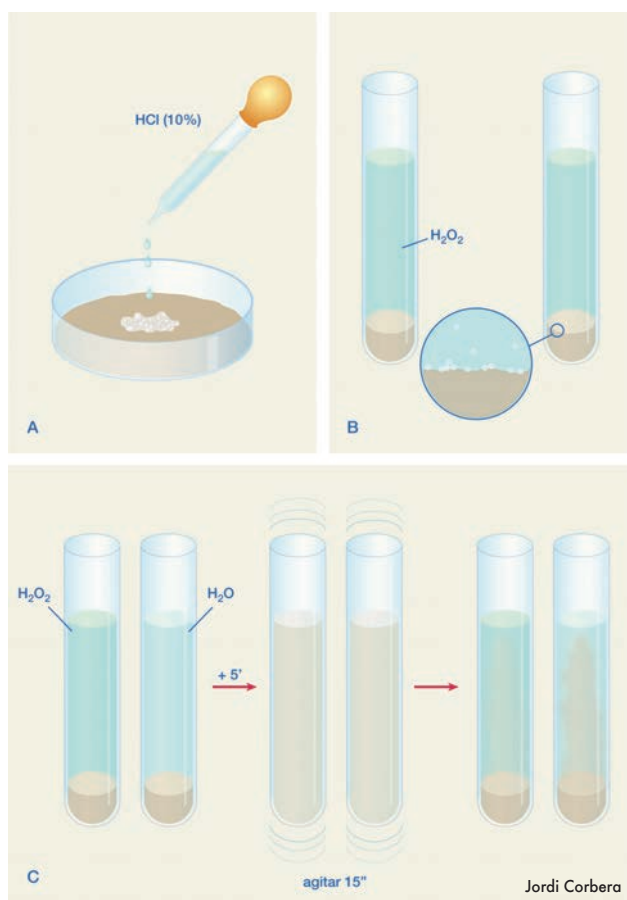


Fig. 20. Representació esquemàtica de (A) anàlisi de carbonats, (B) anàlisi de la matèria orgànica i (C) prova de la terbolesa.

- **Anàlisi biològica.** Agafeu una de les rèpliques de què disposeu de cada zona (una de la zona alta i una de la zona baixa) i col·loqueu-la en una safata de plàstic. Separeu grosso modo els organismes de mida més gran que veieu, i fiquen-los en un pot degudament etiquetat (amb el nom de la mostra i de la rèplica i les indicacions que trobeu convenients) per evitar confusions. Després n'heu de fer decantacions successives per extreure'n la fauna intersticial. Primerament retireu una porció de sorra de la safata (equivalent a un grapat) i separeu-la, introduint-la en un got de precipitats juntament amb aigua destil·lada. Agiteu la barreja delicadament (amb una vareta de vidre o una cullera, per exemple), de manera que els organismes més petits que estan enganxats als grans se'n desprenguin. A continuació decanteu-ne el sobrenedant i filtreu-lo en un suport universal a través d'una malla de 200 micres. Bolqueu el contingut líquid del got en el suport, de manera que els organismes quedin retinguts a la xarxa, però intentant que els grans no caiguin i quedin dins del got. En cada decantació recolliu l'aigua i reutilitzeu-la per suspendre de nou la mostra. Caldrà fer el procediment 3 vegades (afegiu novament aigua en el pot amb sorra, barregeu-ho i aboqueu-ne el contingut en el suport universal). El següent pas consisteix a estendre els organismes retinguts a la xarxa en una altra safata amb aigua destil·lada. De la resta de sorra que hi ha a la safata inicial, feu el procés de decantació i filtrat tres vegades, però aquesta vegada n'hi haurà prou amb una malla d'1 mm.



Fig. 21. Representació de com fer la resuspensió de la mostra amb una vareta de vidre (←) i la decantació del sobrenedant a través d'una malla (→).

Aquest procediment es fa amb les dues rèpliques restants de cada zona mostrejada. Cal anar amb compte, ja que es tracta de mostres fixades amb formol; per això convé anar degudament equipat i treballar en un lloc airejat.

Posteriorment podeu determinar la presència i el nombre d'individus dels diferents grups d'organismes trobats, a través de l'anàlisi de la fauna observada amb una lupa binocular; així mateix, podeu fer càlculs de diversitat segons els índexs de Shannon o Brillouin, la fórmula dels quals es presenta a l'apartat següent. Entre els materials disponibles per a l'activitat es facilita una guia d'identificació.

1.2.3. Recompte total d'individus i espècies

Per fer el recompte d'organismes, serà necessari utilitzar una placa de plàstic transparent subdividida en, almenys, quatre quadrants, sobre la qual col·locareu la mostra. Llavors podreu avaluar:

- Els diferents tipus d'organismes presents.
- El nombre d'individus de cada espècie o tipus, i, si no són molt nombrosos, el valor aproximat d'individus de cada espècie trobada, comptant els que hi ha en un dels quadrants i multiplicant pel nombre de quadrants totals en què s'ha subdividit la placa.

En un full d'Excel com el que us proporcionem, aneu anotant la informació que extraieu del recompte: nom de l'organisme, nombre d'individus, color, forma, mida, etc. Aquestes dades us permetran fer una aproximació a la diversitat present en les diferents mostres sotmeses a diferents condicions (zona geogràfica, temperatura, onatge, etc.).

La biodiversitat es pot calcular mitjançant diferents índexs, dels quals el de Shannon i el de Brillouin són els més emprats. Els valors obtinguts dels índexs us permetran comparar les mostres. L'índex de Shannon suposa que la diversitat respon a la probabilitat que, en extreure a l'atzar un individu d'una comunitat, aquest sigui d'una espècie o taxó diferent; per tant, és un índex que no té en compte les abundàncies dels individus de les diferents espècies. En canvi, el segon, l'índex de Brillouin, sí que té en compte com estan representades les espècies —és a dir, la seva abundància— en funció de la relació entre el nombre total d'espècies i el nombre total d'individus de cada espècie. Les fórmules corresponents a cada índex són les següents:

$$\text{Índex de Shannon: } H' = - \sum_i^S 1 p_i \ln p_i$$

$$\text{Índex de Brillouin: } HB = (\ln N! - \sum \ln n_i!) / N$$

N_i : nombre d'individus de l'espècie i

P : proporció

S : nombre total d'espècies

N : nombre total d'individus

1.2.4. Processament de les dades obtingudes i elaboració de conclusions

Totes les dades obtingudes es podran analitzar per posteriorment treure conclusions que responguin als objectius inicialment plantejats. Les diferents anàlisis efectuades poden donar-nos pistes sobre l'origen de les partícules que formen la platja, com han estat transportades, la seva antiguitat, la influència de l'aportació dels rius, la dinàmica de formació de la platja, els factors que hi influeixen o els efectes de la presència humana, entre altres. La representació gràfica dels resultats pot ser de molta utilitat en l'elaboració de les conclusions. És interessant que, entre els diferents grups que hàgiu fet l'activitat, poseu en comú els resultats, els compareu i els discuteu, i comenteu les dificultats que hagin pogut sorgir al llarg de l'experiment.