

## El temps al mar

### I. Oceans i clima

Els mars i oceans tenen una gran influència sobre el clima. Aquesta influència és deguda bàsicament a la seva capacitat per absorbir energia del Sol i distribuir-la pel món a través dels corrents càlids que circulen per la superfície dels oceans. De fet, el 40 % de la calor que arriba als pols des de l'equador és transportada pels corrents oceànics. Els corrents freds també afecten el clima. Les fluctuacions en els corrents principals provoquen grans canvis o fenòmens climàtics, com per exemple el fenomen d'El Niño.

D'altra banda, els oceans són un important embornal de carboni gràcies a l'anomenada *bomba biològica*. A més, alguns dels organismes marins productors primaris són responsables indirectes de la formació de núvols (a través de la producció de compostos de sofre que poden passar a l'atmosfera en formes modificades i fer de nuclis de condensació de núvols), amb la qual cosa



**Fig. 1.** Els mars i oceans tenen una gran influència sobre el clima. Els fenòmens climàtics estan en gran mesura determinats per la interacció entre l'oceà i l'atmosfera.

participen també en el manteniment d'un planeta «fresc». Alhora, el gel marí que es forma cada any a l'Antàrtida (més de 14 milions de km<sup>2</sup> de gel) contribueix a reflectir els raigs de sol que incideixen sobre la superfície del planeta, i això ajuda a refrescar-lo encara més; a més, amb el seu fer-se i desfer-se, el gel marí posa en marxa el gran cinturó de circulació oceànica global, que en part determina l'actual distribució dels grans climes de la Terra.

Per tot plegat, veiem que els oceans afecten directament el clima terrestre. A banda de la seva influència sobre el clima global, també el mar afecta el clima local dels indrets costaners.

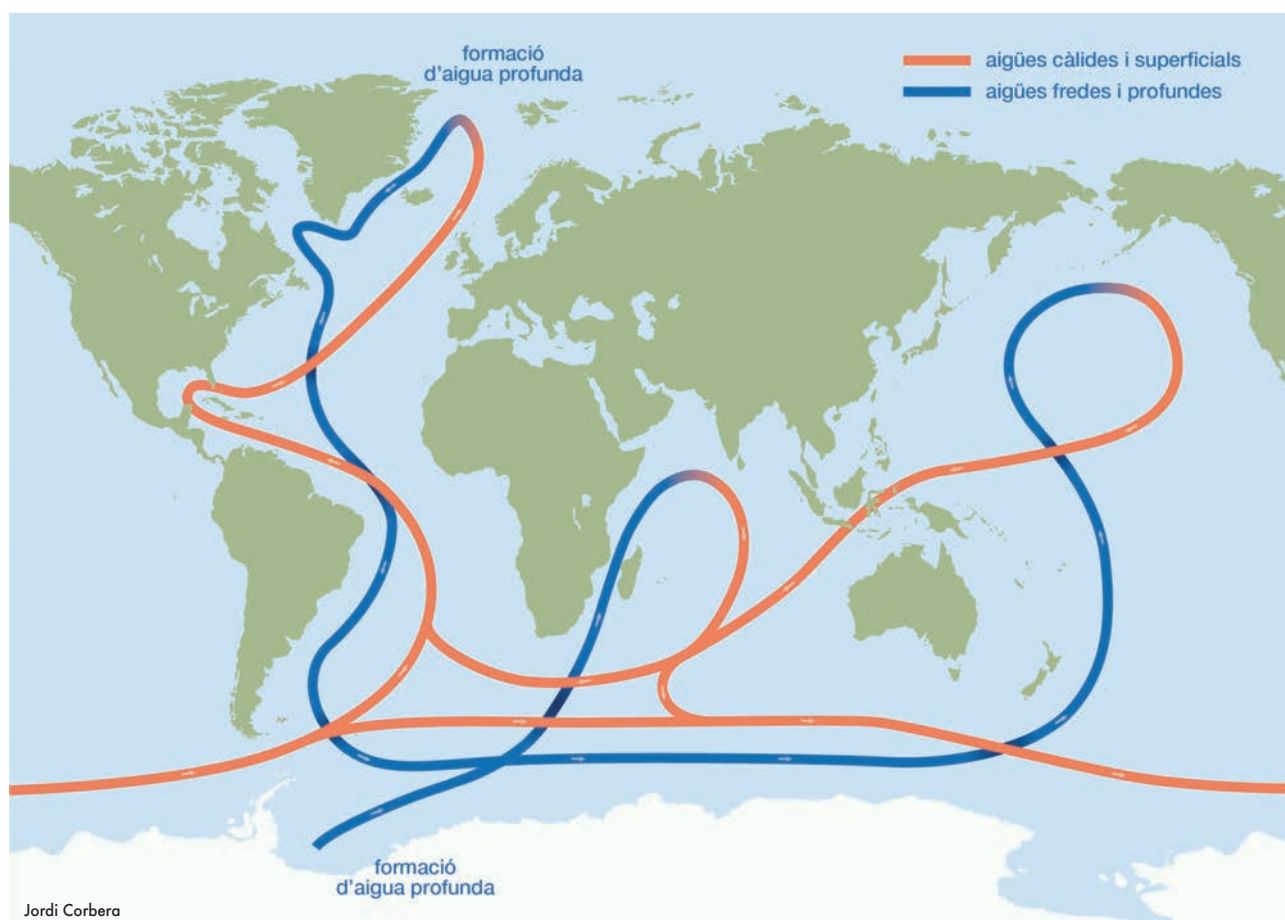
### 1. Els corrents marins i el clima

La circulació planetària és deguda al fet que no tots els indrets de la Terra reben la mateixa escalfor del Sol (per la rotació de la Terra i la seva inclinació sobre el propi eix), la qual cosa comporta un desequilibri tèrmic al planeta: l'equador és la zona més càlida, les zones centrals són més aviat temperades i els pols són les zones fredes. Aquest desequilibri tèrmic fa que s'originin fenòmens de circulació atmosfèrica i també oceànica més o menys establerts.

Les capes superficials dels mars i oceans absorbeixen més de la meitat de l'energia que rep la Terra del Sol. Els corrents marins transporten aquesta energia des de l'equador cap als pols.

Hi ha corrents freds i corrents càlids. Uns sis corrents superficials transporten calor des dels tròpics i subtòpics cap als pols i influeixen sobre el clima de les regions emergides. Per exemple, el corrent del Golf i el seu braç que es perllonga cap a l'Atlàntic Nord donen a Europa un clima més càlid del que tindria si no existissin. La calor que transporta aquest corrent es dissipa a l'atmosfera al nord europeu. Com que els vents de l'oest duen aquest corrent cap a terra, els països de l'est de l'oceà Atlàntic tenen un clima més temperat que els de l'oest de l'Atlàntic, tot i que es troben a la mateixa latitud. El mateix ocorre en altres indrets, com per exemple al Pacífic sud-occidental, on el corrent australià oriental fa que el clima a Tasmània sigui més suau.

Els corrents freds, de vegades, refresquen el clima. Per exemple, el corrent de Califòrnia fa que la costa oest dels Estats Units sigui més fresca a l'estiu. Aquests corrents solen afectar tant les precipitacions com la formació de boires. Si es combinen amb afloraments d'aigües profundes (ja que són corrents que solen anar cap a l'equador en la part oest dels continents, on acostuma a haver-hi afloraments), redueixen l'evaporació i fan descendir l'aire sec de les capes més altes, amb la qual cosa l'escassa humitat es condensa sobre l'aigua freda i es formen núvols sobre el mar, que es dispersen quan l'aire arriba a terra. Això propicia la formació de deserts a les terres properes a aquests indrets, com el desert de Namíbia, o els deserts de la costa nord de Xile.



**Fig. 2.** El gran cinturó de circulació oceànica connecta les aigües de tots els oceans i distribueix la calor pel planeta. Hi ha dos punts de formació d'aigua profunda: un prop de Groenlàndia i l'altre al mar de Wedell, a l'Antàrtida.

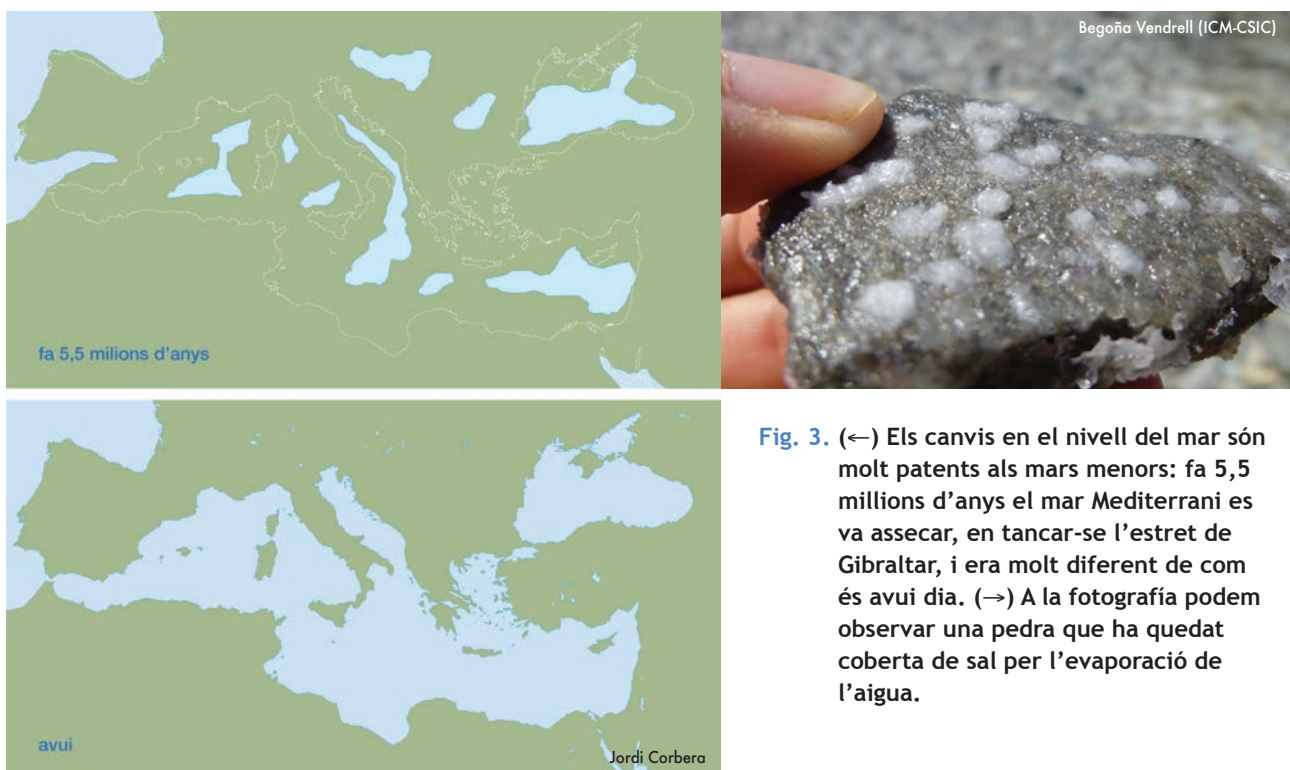
Durant la història de la Terra, els canvis en la distribució dels continents, oceans i corrents han anat generant grans canvis climàtics, els quals, al seu torn, afectaren el nivell del mar i l'extensió dels oceans. Abans que el supercontinent de Gondwana es trenqués, al cretàc, no hi havia casquets de gel i el clima era molt més càlid. En canvi, quan Gondwana es va escindir, els canvis en els corrents van provocar, entre d'altres coses, que la calor no passés de l'equador a l'Antàrtida, en formar-se el corrent Circumpolar Antàrtic, fet que va permetre que l'Antàrtida es gelés i romangués gelada.

## 2. Canvis climàtics i canvis en el nivell del mar

El nivell del mar ha anat canviant durant la història de la Terra; fins i tot va arribar a ser més de 400 m més alt que actualment. Si l'aigua de mar s'escalfa, l'expansió tèrmica fa que, per cada grau que augmenta la temperatura de l'aigua de mar, el nivell del mar augmenti uns 60 cm. També

en la regulació del nivell del mar és important l'intercanvi que hi ha entre el gel dels casquets polars i el mar. La transferència d'aigua entre els casquets polar i l'oceà pot fer variar de 100 a 200 m el nivell del mar en pocs milers d'anys, per exemple. La velocitat d'expansió del fons del mar també afecta el seu nivell.

Un exemple de canvis en el nivell del mar el trobem en el mateix Mediterrani: fa 5 milions d'anys, el mar Mediterrani s'evaporà en tancar-se l'estret de Gibraltar; en canvi, fa 21 000 anys, com que va quedar aigua a les glaceres després de l'última glaciació, el nivell del Mediterrani era 120 m més baix que avui dia; i fa 10 000 anys, l'aigua de desglaç va començar a inundar les plataformes continentals fins al nivell actual.



**Fig. 3.** (←) Els canvis en el nivell del mar són molt patents als mars menors: fa 5,5 milions d'anys el mar Mediterrani es va assecar, en tancar-se l'estret de Gibraltar, i era molt diferent de com és avui dia. (→) A la fotografia podem observar una pedra que ha quedat coberta de sal per l'evaporació de l'aigua.

### 3. Els oceans com a embornals de carboni

El  $\text{CO}_2$  és el principal gas d'efecte hivernacle implicat en l'escalfament global. El  $\text{CO}_2$  dels oceans i de l'atmosfera està en equilibri. El  $\text{CO}_2$  atmosfèric és dipositat als oceans, tant en formes dissoltes com posteriorment, en part, dins d'organismes vius. El  $\text{CO}_2$  es converteix, en part, en carbonat de calci de conquilles i esquelets i, quan els organismes moren, en sediments carbonatats biogènics. Durant molt de temps, els oceans han servit per suavitzar l'efecte d'increment de  $\text{CO}_2$  derivat de les activitats humanes, però actualment, l'absorció de  $\text{CO}_2$  per part del oceans està

començant a afectar el seu pH, ja que com més  $\text{CO}_2$  entra als oceans, més s'acidifica l'aigua de mar. L'efecte de l'augment de concentració de  $\text{CO}_2$  dins els oceans i la seva conseqüent acidificació comporten, a més, la dissolució de les mateixes estructures carbonatades.

A això se li hauria de sumar l'efecte del mateix increment de la temperatura del mar: com més alta és la temperatura, menys gas s'hi pot dissoldre, amb la qual cosa l'augment de temperatura de les aigües superficials dels oceans impedeix el pas de gasos atmosfèrics cap al mar.

Al fons del mar també trobem les anomenades «emanacions fredes», dipòsits de sulfurs de metà o altres hidrocarburs. Si l'escalfament dels mars s'accelera, podria passar que aquest metà retingut al fons del mar s'alliberés a l'atmosfera, amb el seu conseqüent potent efecte gas hivernacle, i l'agreujament del problema climàtic global.

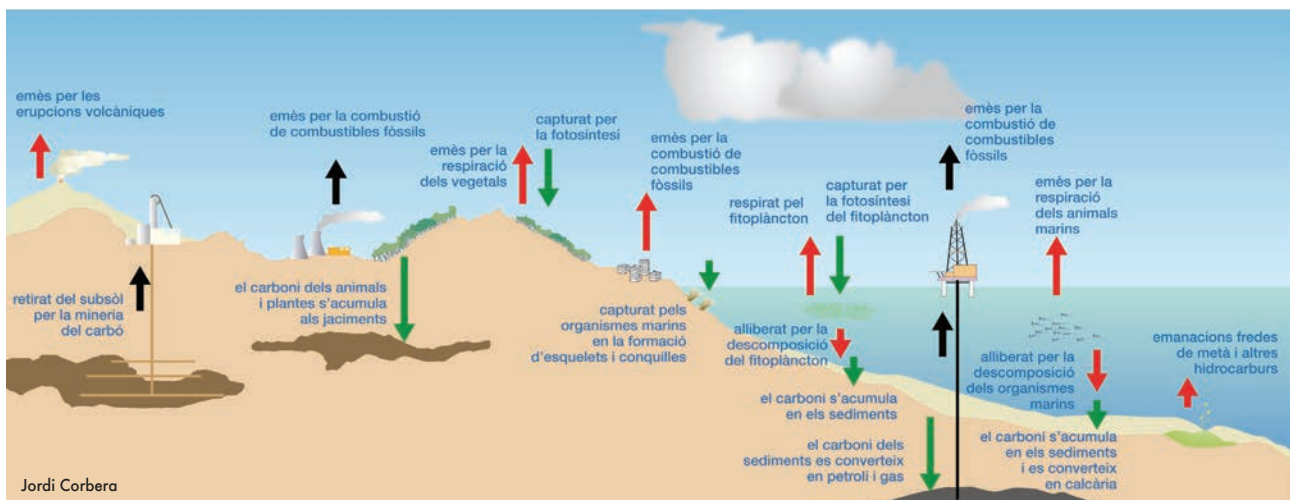
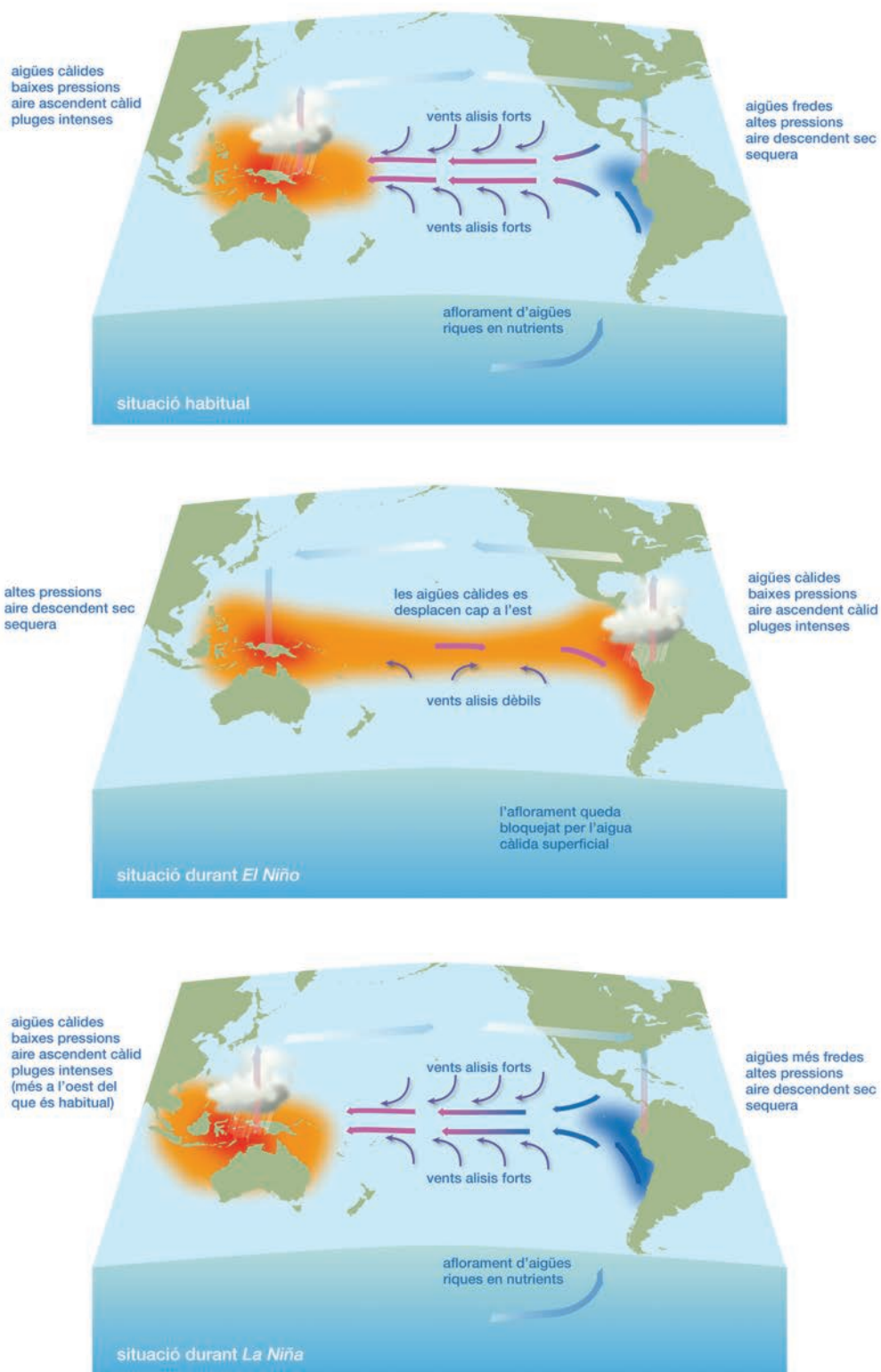


Fig. 4. Esquema de les diferents fonts (fletxes vermelles) i reservoris (fletxes verdes) de carboni.

## 4. El Niño i la Niña

El Niño i La Niña són dues alteracions climàtiques causades per variacions no normals del patró de les temperatures marines superficials, els corrents oceànics i els sistemes de pressions. Es donen al Pacífic tropical, però tenen repercussions en altres zones del Pacífic i en altres indrets del món. El Niño i La Niña formen part de l'anomenada *oscil·lació del sud* (coneguda en anglès amb la sigla ENSO, d'El Niño-Southern Oscillation). El Niño es produeix quan un corrent càlid (que es crea de vegades per Nadal a les costes del Perú) fa que augmenti la temperatura al Pacífic oriental i es redueixi l'aflorament d'aigües riques de la zona. Es tracta d'un canvi molt ampli de les condicions oceàniques i atmosfèriques que afecta tot el món, no només a aquella zona. Els episodis duren entre un any i un any i mig, i tot i que tenen caràcter cíclic, són força difícils de predir, i les seves causes no són del tot conegudes. Durant El Niño, els sistemes de pressions del Pacífic s'inverteixen,



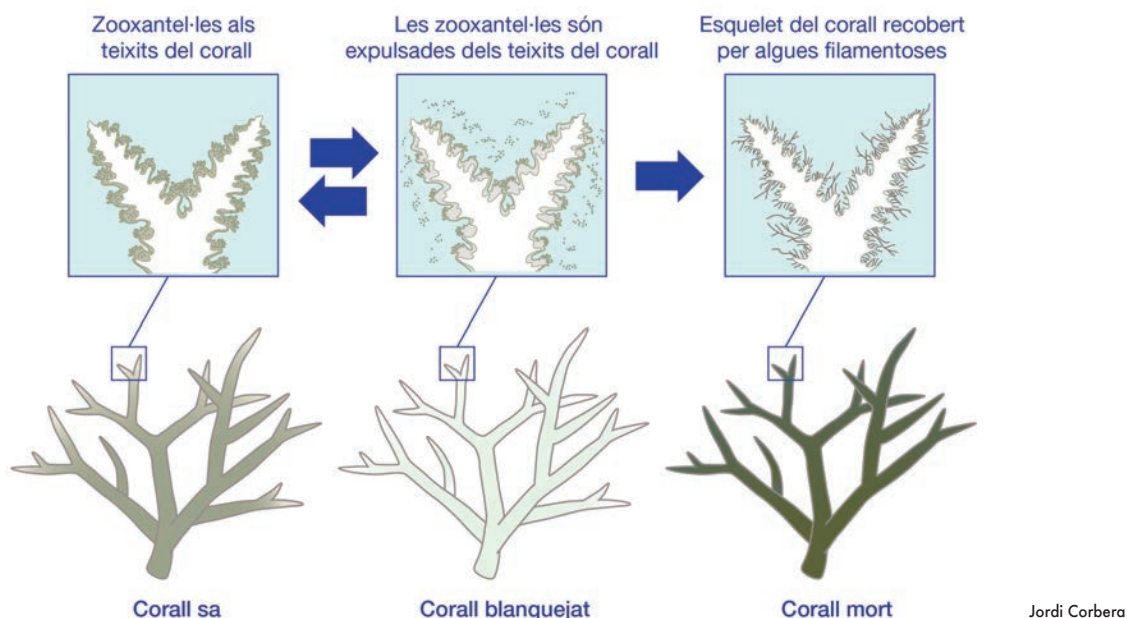
Jordi Corbera

**Fig. 5.** Representació esquemàtica de les anomalies climàtiques El Niño i La Niña, que alteren el patró de circulació oceànica i atmosfèrica habitual i tenen greus repercussions arreu del món.

i s'estén una zona d'aigua calenta superficial per tot el Pacífic, que bloqueja l'aflorament d'aigües fredes típic de la zona oest sud-americana. Durant El Niño hi ha més tempestes –i són més violentes– al Pacífic central. Es donen condicions més humides del que és habitual i inundacions a l'oest de Sud-amèrica, que poden arribar fins al sud-est dels Estats Units. En altres parts del món, El Niño crea condicions més seques, que causen sequeres i incendis al Pacífic occidental, com a Indonèsia i Austràlia, però també al Brasil i a l'Àfrica. La reducció de l'aflorament té greus impactes en l'activitat pesquera. El Niño també provoca una major extensió de gel marí antàrtic. Es poden observar els episodis d'El Niño en els anells de creixement dels arbres de les zones afectades, ja que les pluges intenses afavoreixen un major creixement dels arbres en aquests indrets.

La temperatura del Pacífic tropical es controla regularment per detectar canvis, sobretot amb satèl·lits però també amb boies meteorològiques.

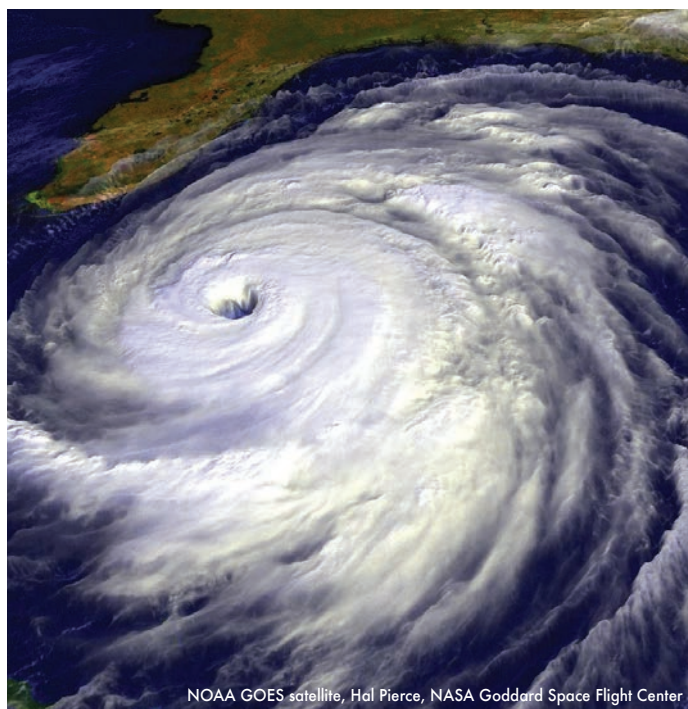
La Niña és una mena d'El Niño invers: les temperatures són més fredes a l'est i centre del Pacífic equatorial, els vents són més forts, els mars estan més càlids al nord d'Austràlia, i dona lloc a pluges en zones com l'Índia, el sud-est d'Àsia i Austràlia; en canvi, al sud-est dels Estats Units la temperatura és més alta i les pluges són menors. La Niña està associada a una major activitat d'huracans a l'Atlàntic.



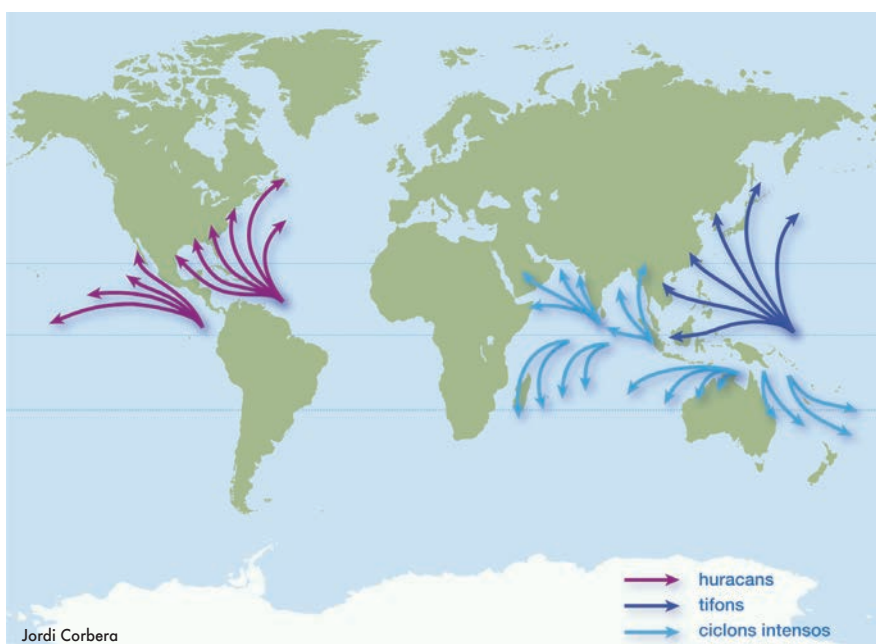
**Fig. 6.** Esquema del blanqueig del corall: quan les condicions externes, com ara la temperatura, canvien, les algues unicel·lulars (zooxantel·les) són expulsades dels teixits del corall, i es produeix el que es coneix com a *blanqueig del corall*, que eventualment el pot conduir a la mort.

## 5. Vents huracanats

Els huracans i tifons són fenòmens meteorològics caracteritzats per vents violents –que es mouen de manera circular sobre els mars–, densos núvols i pluges. Comencen com un sistema de baixes pressions o depressions sobre els mars càlids als tròpics, entre els 5 i els 20 graus de latitud, i apareixen sobretot a final de l'estiu. A l'Atlàntic s'anomenen *huracans*; al Pacífic, *tifons*; i, en general, també es poden anomenar *tempestes tropicals*. Es formen quan el Sol escalfa una gran superfície de l'oceà i l'aire que té al damunt. Això fa que l'aire humit pugi molt, amb la qual cosa es crea una zona de baixa pressió en superfície, amb núvols a sobre. La baixa pressió «aspira» aire, que es dirigeix cap al centre en espiral i crea un vent circular que es va convertint en un vent intens, que és desplaçat pels vents alisis.



**Fig. 7.** Fotografia de satèl·lit que mostra l'huracà Floyd aproximant-se a les costes de Florida al setembre del 1999; s'hi pot apreciar clarament l'ull o centre de l'huracà.

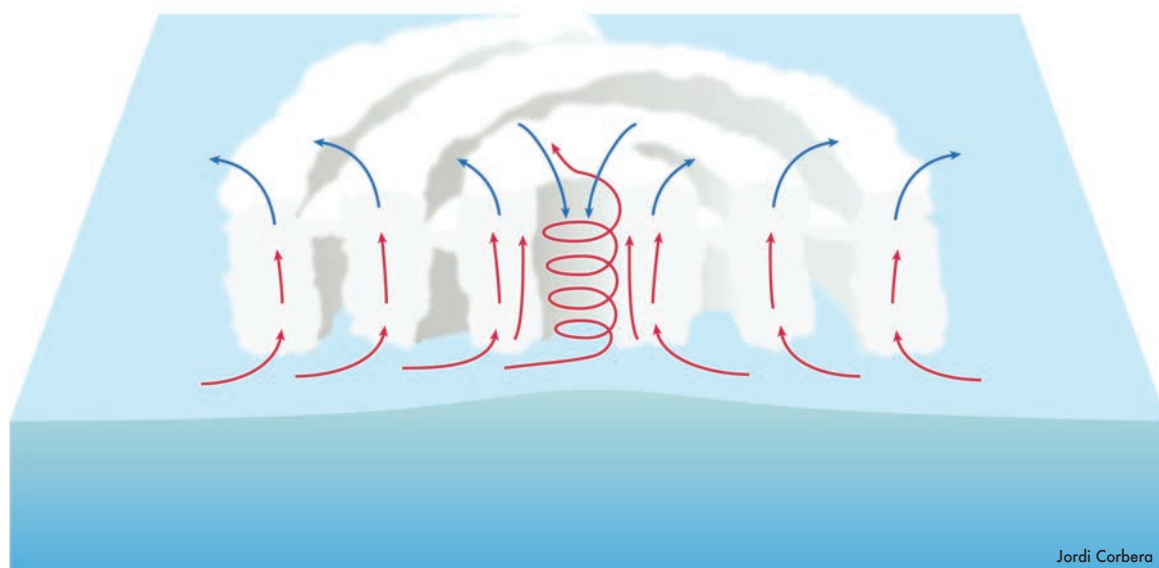


**Fig. 8.** Esquema de les zones del planeta amb més incidència d'huracans.



Alguns huracans tenen vents que arriben a més de 240 km/hora. Perden energia quan arriben a terra, per tal com la calor de l'oceà ja no els impulsa. Els huracans poden tenir uns 500 km de diàmetre i més de 10 m d'alçada, i al centre, l'ull de l'huracà té una zona de calma de baixa pressió. El vent circular flueix segons l'efecte Coriolis (en sentit de les agulles del rellotge a l'hemisferi nord). Hi ha diferents sistemes de classificació d'huracans, segons la velocitat del vent i l'alçada de les onades que provoquen, i que serveixen per estimar els danys i les inundacions que crearan sobre la costa.

Les trombes marines són tornados estrets que es formen sobre el mar. L'huracà, quan avança sobre el mar, carrega aigua i, en arribar a la costa, la descarrega sobre la terra, de manera que pot inundar nombrosos indrets i provocar grans destrosses, a més de les que poden provocar els forts vents.



Jordi Corbera

categoria	velocitat del vent (km/h)	altura de l'onatge (m)
tempesta tropical	63-118	1-1,5
huracà de categoria 1	119-153	1,5-2
huracà de categoria 2	154-177	2-3,5
huracà de categoria 3	178-209	3,5-4,5
huracà de categoria 4	210-249	4,5-6
huracà de categoria 5	>249	6,7-7,5

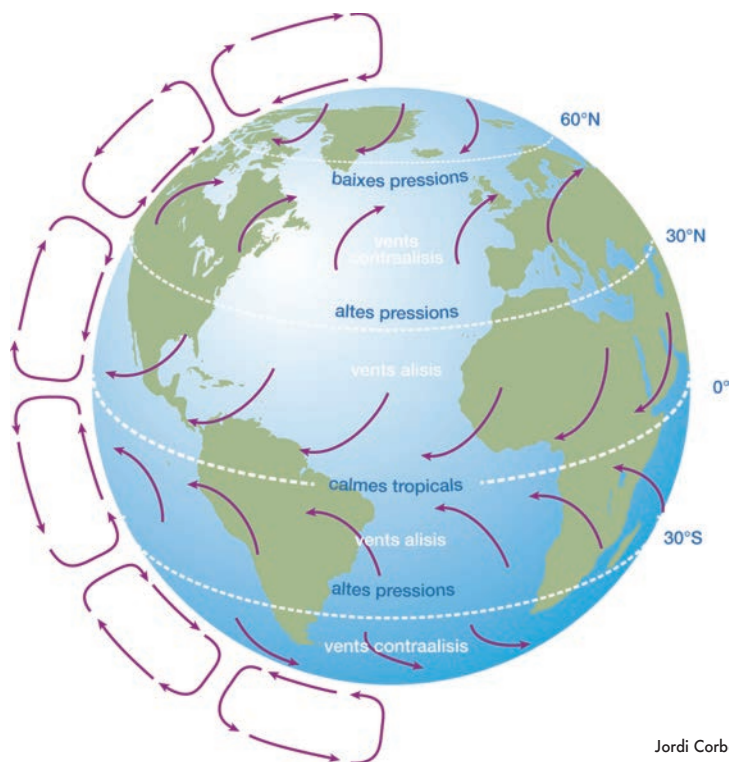
**Fig. 9.** Representació de l'estructura d'un huracà, en la qual podem veure com l'aire calent s'eleva (fletxes vermelles) i deixa una zona de baixes pressions que crea una zona central on l'aire puja en espiral (ull de l'huracà). (↓) Taula de la classificació dels huracans en funció de la velocitat del vent i l'alçada de les onades que provoquen.

### 6. Vents oceànics

El patró de vents sobre els oceans ve donat per l'escalfament de l'atmosfera a causa dels raigs solars i per la rotació de la Terra. Aquest patró més general és modificat per les zones d'altres i baixes pressions que es desplacen sobre la superfície dels mars i oceans.

L'aire circula en el planeta en tres sèries de bucles gegants anomenats *cèl·lules atmosfèriques*. Aquestes *cèl·lules* fan que l'aire es desplaci en direcció nord-sud, però això es veu alterat per l'efecte de Coriolis, que és conseqüència del moviment de rotació de la Terra (es desvia una mica cap a l'est quan s'allunya de l'equador i a l'oest quan s'hi apropa). L'efecte de Coriolis és una força aparent (és fictici). Els vents creats per diferències de pressió i modificats per l'efecte de Coriolis s'anomenen *vents dominants*.

A les zones dels tròpics, els vents predominants de superfície i que van d'est a oest, amb una certa desviació, s'anomenen *vents alisis*. Històricament, els navegants els havien emprat per navegar per l'Atlàntic ja des del segle xv. Sovint aquests vents són portadors de tempestes tropicals. A l'hemisferi sud, els vents contraalisis bufen d'oest a est sense tocar terra, i cap a la latitud de 40° agafen tanta força que en aquestes zones se'ls anomena *rugientes cuarenta*.



Jordi Corbera

**Fig. 10.** Esquema de la circulació atmosfèrica global, en el qual es poden apreciar les grans *cèl·lules atmosfèriques* (tres en cada hemisferi) i la direcció dels vents predominants en cada zona.

En les zones del mar on descendeix l'aire, es forma una àrea d'altres pressions, o anticicló; en canvi, a les zones del mar on ascendeix l'aire es formen ciclons. Aquestes àrees de pressions diferents creen els grans patrons dels vents circulants, que estan en constant desplaçament. A l'hemisferi nord, l'aire es mou al voltant dels anticiclons en el sentit de les busques del rellotge, mentre que al voltant dels ciclons ho fa a l'inrevés; a l'hemisferi sud, en canvi, passa tot el contrari.

Els sistemes de pressions locals poden afectar el patró general de vents dominants.



**Fig. 11.** Les regates oceàniques recorren grans distàncies en aigües dels oceans. Per navegar, treballen amb models de predicció meteorològica que reben a bord via satèl·lit i que han de saber interpretar, ja que són imprescindibles per orientar-se durant la competició.

### 7. Brises marines

Els vents locals, anomenats *brises de mar i terra*, o *brises marines*, s'originen a prop de la costa, sobretot en indrets càlids, i es formen durant el dia perquè la terra s'escalfa més ràpidament que el mar. Això és perquè el mar absorbeix grans quantitats d'energia tèrmica amb només un petit augment de temperatura, però, en canvi, en l'aire això produeix un ràpid augment de la temperatura. Quan la terra s'escalfa, transfereix calor a l'aire que té a sobre; llavors, aquest aire calent puja i l'aire més fred del mar ocupa el seu lloc. Al vespre i per la nit passa el contrari: la terra es refreda amb rapidesa, però el mar es manté càlid i segueix escalfant l'aire que té a sobre, el qual, en ascendir, aspira l'aire fred de terra i genera la brisa de terra.

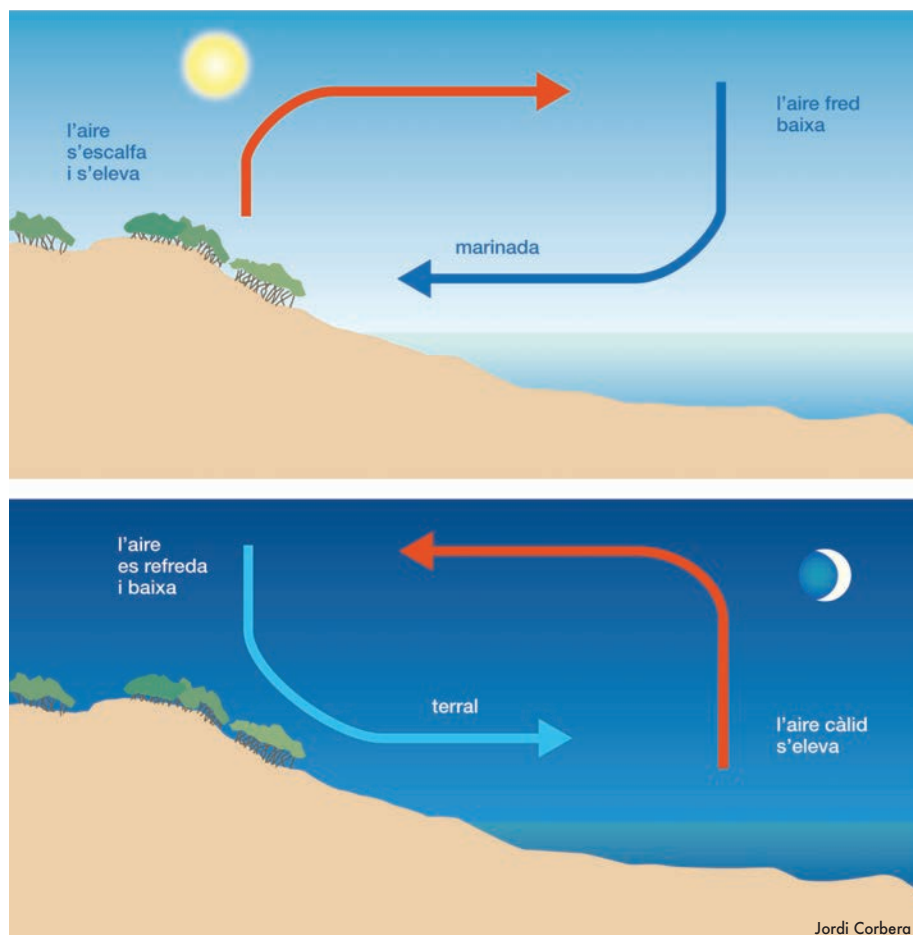
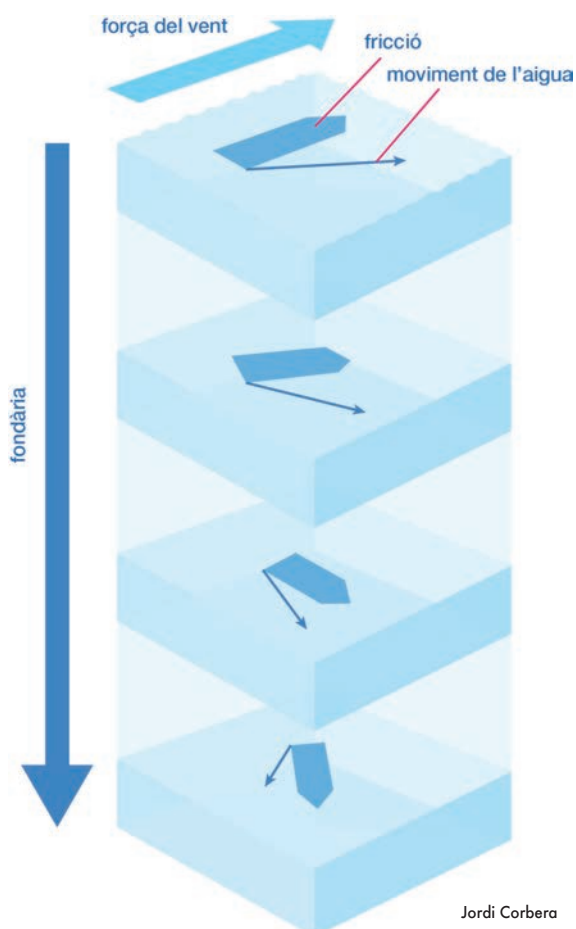


Fig. 12. Representació esquemàtica de la formació de la brisa marina durant el dia i de la brisa de terra durant la nit.

### 8. Corrents superficials

Els corrents superficials transporten calor des de l'equador cap als pols i afecten el clima mundial, a més de la navegació i la pesca. Quan el vent bufa sobre el mar, impulsa les aigües superficials tot creant un corrent. Però aquesta aigua no es desplaça ben bé en la direcció del vent, sinó que ho fa amb un cert angle, determinat en part per la fricció (el model teòric d'Ekman explica aquest fenomen). La combinació de vents dominants i el transport d'Ekman genera girs oceànics, que són sistemes de corrents circulars a gran escala, i dels quals hi ha cinc al món. Cada gir el componen diferents corrents, tots amb nom propi. Els corrents que es formen al límit occidental dels girs, com el del Golf, són forts, estrets i càlids. Els corrents del límit oriental són més dèbils, amples i freds, i retornen aigua cap als tròpics. On convergeixen els corrents càlids i els freds, s'acostumen a crear zones de turbulència i zones d'aflorament d'aigua rica en nutrients.

El vent també crea altres tipus de circulació superficial impulsats pel vent, com les cel·les de Langmuir. Es tracta de llargs vòrtexs cilíndrics d'aigua alineats en la direcció del vent, i cadascun gira en sentit oposat al del seu veí. Les zones entre cel·les adjacents, on convergeix l'aigua, són visibles en la superfície del mar com blanques línies d'escuma.

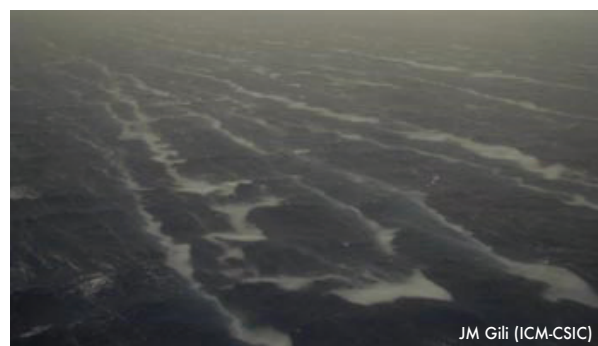


Jordi Corbera

Fig. 13. Esquema del transport d'Ekman: les masses d'aigua es desplacen amb un cert angle respecte a la direcció del vent.



Jordi Corbera



JM Gili (ICM-CSIC)

Fig. 14. (←) Representació esquemàtica de les cel·les de Langmuir. (→) A la superfície, aquestes cel·les formen bandes espumoses alineades en la direcció del vent.

L'escalfament global podria donar lloc a un descens brusc de la temperatura a l'oest d'Europa i en part d'Amèrica del Nord. Això es deuria al tall de l'anomenada *cinta transportadora de l'Atlàntic*, la qual actualment manté càlida Europa. A la zona polar, l'aigua càlida s'enfonsa en refredar-se i ser més salada, de manera que viatja pel fons marí cap a l'equador. Actualment, si l'escalfament fon el gel àrtic, l'aigua dolça de les zones boreals s'incrementa. Aquesta aigua dolça és menys densa, amb la qual cosa és probable que ja no s'enfonsi i, per tant, pot provocar que la cinta transportadora de l'Atlàntic interrompi la seva circulació. Si això ocorregués, la temperatura mitjana d'Europa davallaria en picat.

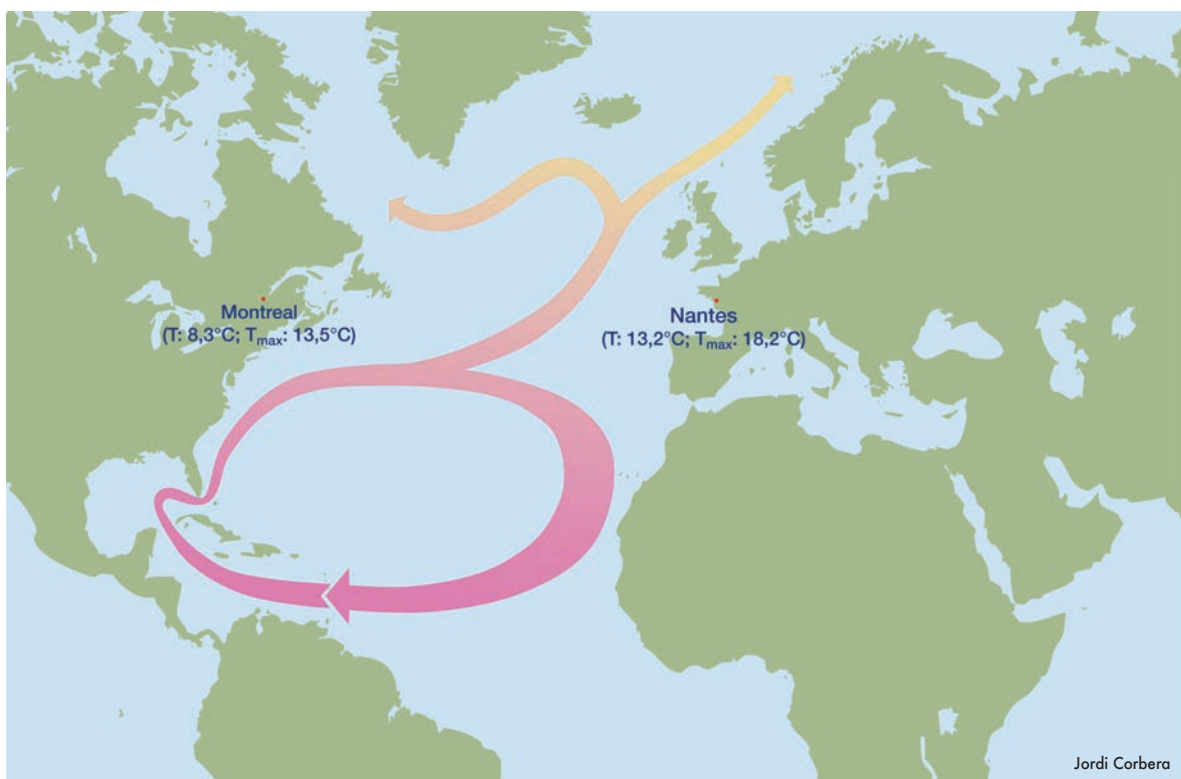


Fig. 15. Representació esquemàtica de la circulació actual del corrent del Golf que, amb el braç que s'estén cap a l'Atlàntic Nord, dona a Europa un clima més càlid del que tindria si no existís o si s'interrompís.

## 9. Evaporació i precipitació

Cada any s'evapora molta aigua de mar, de la qual quasi tota retorna al mar en forma de precipitacions, i la resta és transportada cap a terra com a humitat i núvols. L'evaporació és més intensa als tròpics. Les precipitacions abunden a prop de l'equador i entre les latituds 45° i 70° als dos hemisferis. L'aigua que es perd per evaporació es compensa amb la vinguda d'aigües que retornen des dels continents.

### 10. Meteorologia

La meteorologia és una ciència pluridisciplinària que estudia l'estat del temps, el medi atmosfèric. Això inclou també els fenòmens que es produeixen entre l'atmosfera i la hidrosfera i la litosfera. El temps atmosfèric es refereix a les condicions més o menys actuals del medi atmosfèric, les quals, si comprenen un període de temps molt més llarg, conformen el clima d'aquell indret. És a dir, la meteorologia dóna dades per a l'estudi del clima o la climatologia. La informació meteorològica és emprada per definir el clima, però també per predir el temps, i comprendre la relació entre l'atmosfera i altres compartiments terrestres. Conèixer la meteorologia local és important per a les activitats agrícoles, pesqueres i de navegació i per a la vida quotidiana en general.

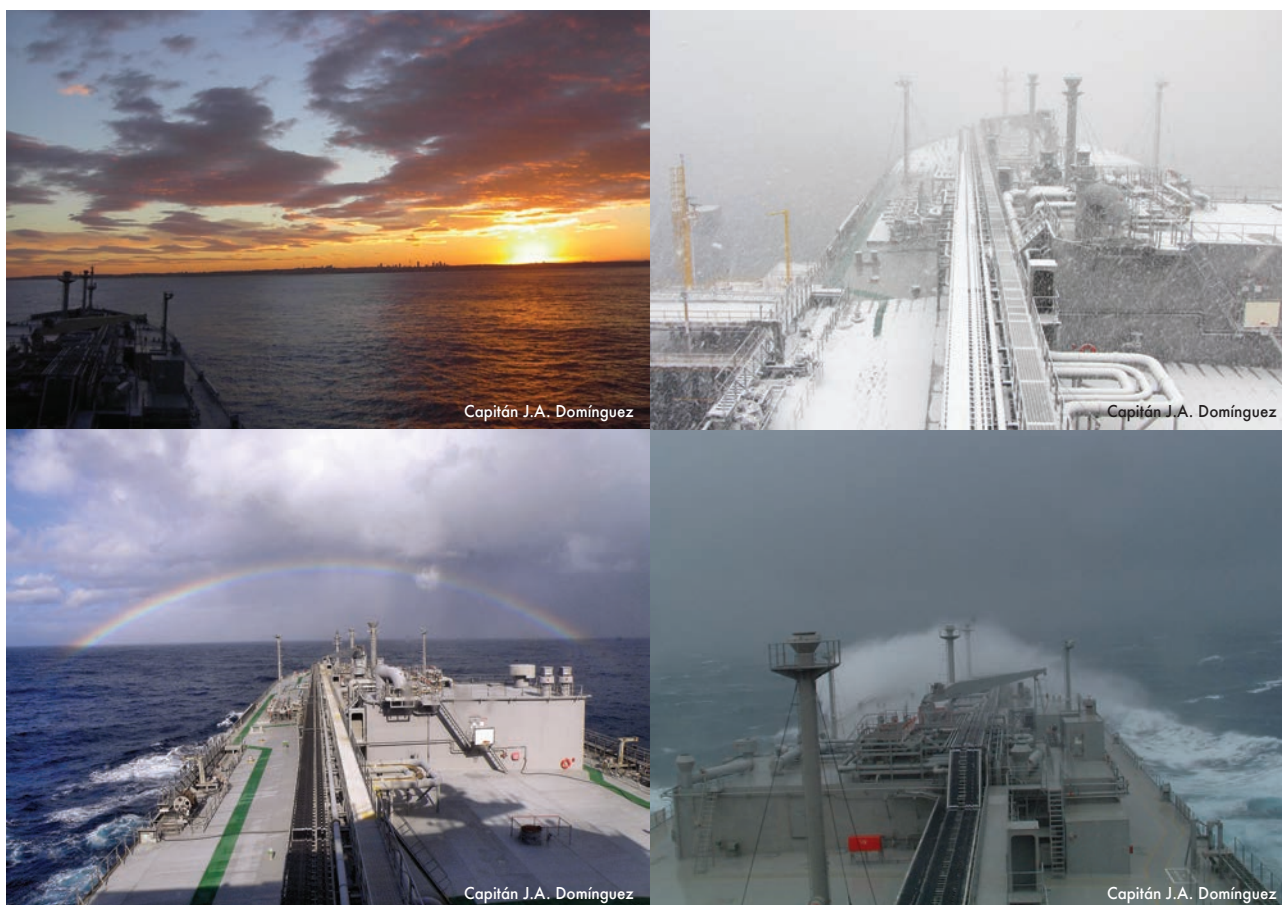


Fig. 16. Fotografia de diferents situacions climàtiques que es poden donar durant la navegació.

La meteorologia inclou, per tant, l'estudi de les variacions diàries de les condicions atmosfèriques, dels moviments de l'atmosfera i la seva evolució temporal, i de l'estructura i composició de l'atmosfera, així com de les seves propietats físiques i químiques.

És especialment rellevant l'estudi de l'aigua atmosfèrica, tant en les seves formes aquosa i sòlida, com en la gasosa, i els fenòmens que regeixen els seus canvis d'estat. Igualment important en meteorologia és l'estudi dels moviments de les masses d'aire i les seves implicacions.

Per a l'estudi meteorològic se solen emprar les dades provinents d'estacions meteorològiques, generalment equipades amb diferents instruments de mesura, entre els quals hi ha els següents:

- anemòmetre (per mesurar la velocitat del vent);
- veleta (per assenyalar la direcció del vent);
- baròmetre (per mesurar la pressió atmosfèrica);
- heliògraf (per mesurar la insolació rebuda en superfície o les hores de llum solar);
- higròmetre o psicròmetre (per mesurar la humitat relativa o el contingut de vapor d'aigua a l'aire);
- piranòmetre (per mesurar la radiació solar global, directa i difusa);
- pluviòmetre (per mesurar l'aigua caiguda sobre la superfície);
- termòmetre (per mesurar la temperatura);
- nefobasímetre (per mesurar l'altura dels núvols en aquell indret);
- evaporímetre (per mesurar l'evaporació).

Tots aquests instruments solen estar protegits dins una caseta ben ventilada.

Les dades recollides a les estacions meteorològiques es poden combinar amb dades de satèl·lits que supervisen el temps atmosfèric i que avisen de fenòmens com ara incendis, contaminació, aurores, tempestes de sorra i pols, corrents oceànics, l'estat i color de la mar, etc.

### 10.1. La previsió del temps

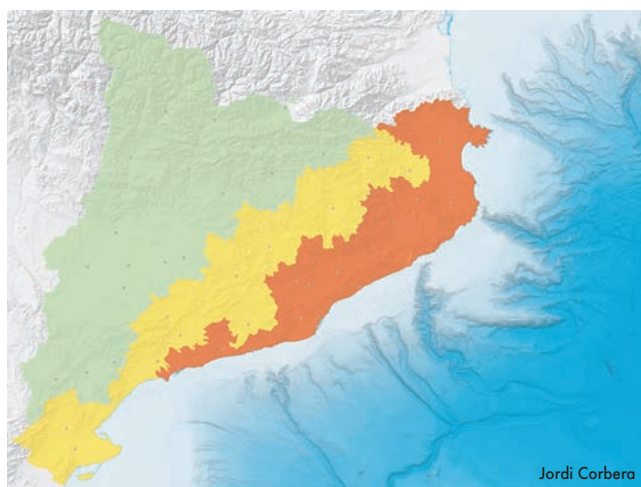
Les dades provinents de nombroses estacions meteorològiques d'arreu del territori arriben als serveis regionals, que s'encarreguen de processar-les. D'aquesta manera, després d'analitzar les diferents dades, s'intenten fer previsions sobre el temps que farà els propers dies. Tot i que sembla fàcil predir el temps que farà, cal tenir en compte que l'atmosfera és una massa immensa sobre la qual influeixen nombrosos factors que són difícils de controlar o mesurar, de manera que les condicions poden canviar amb facilitat. De fet, això forma part del caràcter caòtic determinista del temps atmosfèric, descrit per Edward Lorenz; aquest comportament caòtic determinista permet prediccions a curt termini, però no a llarg termini.



Preveure el temps atmosfèric és especialment vital per a la navegació i, per tant, per a les activitats relacionades amb la mar, siguin activitats d'esbarjo, de pesca professional, científiques o bé d'altres tipus. De fet, els vaixells oceanogràfics solen estar constantment en contacte amb els serveis meteorològics dels seus països, o fins i tot inclouen meteoròlegs en la tripulació perquè facin prediccions micrometeorològiques que permetin una millor navegació i una millor feina a bord dels vaixells.

### 10.2. Situació meteorològica de perill

Quan es superen uns llindars específics per a cada mesura, es considera que s'està en una situació meteorològica de perill. Quan es dona una situació d'aquestes, s'assigna un grau de perill, habitualment basat en una escala numèrica i/o de color. Com a mínim durant uns dies, es fa un seguiment de la situació per si cal prendre mesures preventives (p. ex., desallotjar un indret poblat).



Jordi Corbera

vent (km/h)		temperatura (°C)									
0	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	
16	5	2,5	-7,5	-12,5	-17,5	-25	-32,5	-37,5	-45	-50	
32	0	-7,5	-12,5	-22,5	-25	-35	-42,5	-50	-57,5	-65	
48	-2,5	-10	-17,5	-25	-32,5	-40	-47,5	-55	-62,5	-72,5	
64	-2,5	-10	-20	-27,5	-35	-42,5	-50	-60	-65	-75	

PERILLÓS

MOLT PERILLÓS

EXTREMADAMENT PERILLÓS



JM Gili (ICM-CSIC)



JM Gili (ICM-CSIC)

**Fig. 17.** Taula dels llindars establerts a Catalunya per determinar el grau de perill de les situacions meteorològiques de risc. El llevant (un vent fort i humit procedent de l'est) afecta especialment l'estat de la mar i provoca situacions de risc al litoral català, sobretot durant la tardor i a l'inici de l'hivern; a la costa, el fort onatge pot provocar importants danys en les construccions litorals.

### 10.3. Dades oceanogràfiques

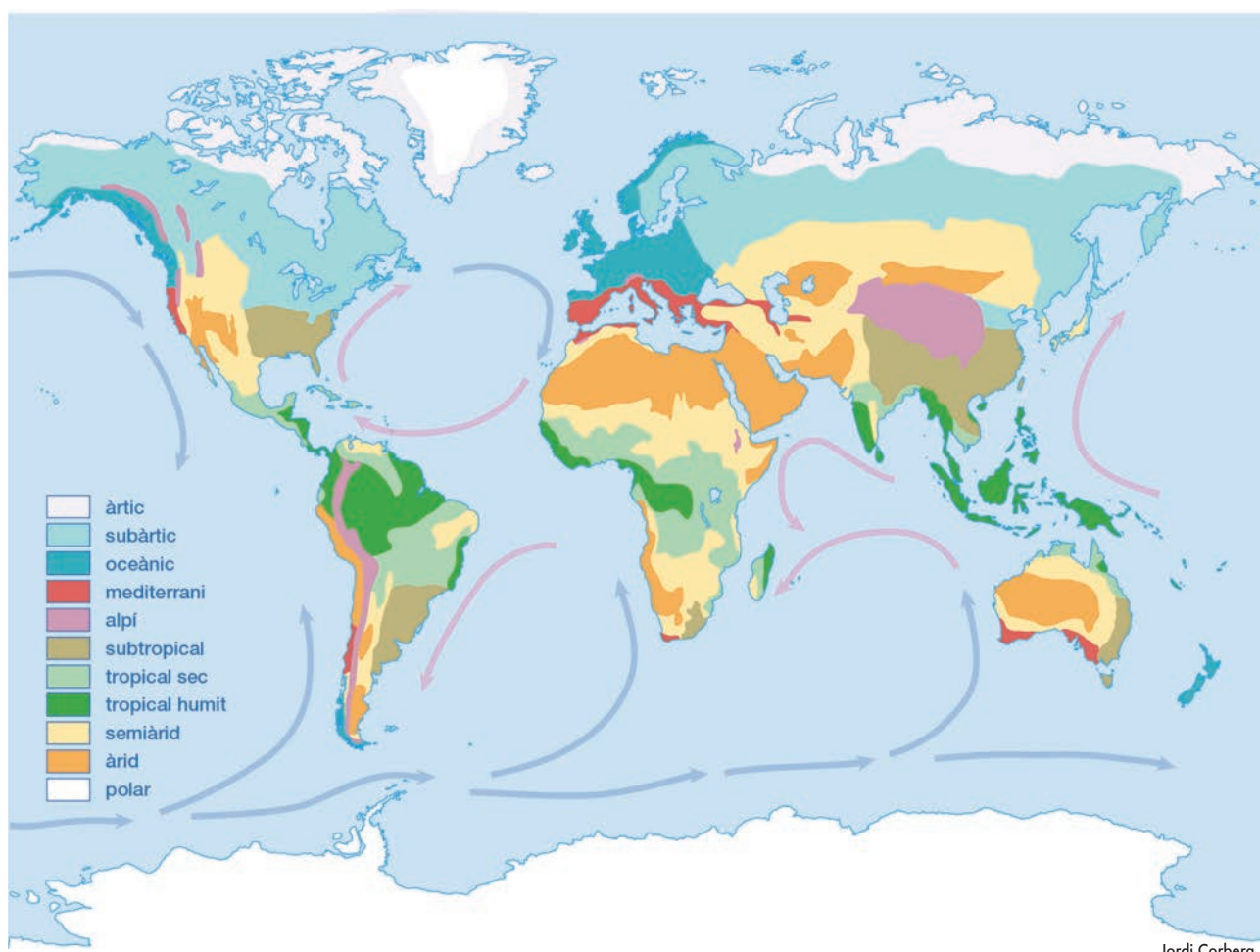
La temperatura del mar, la pressió atmosfèrica, els núvols, la força i direcció del vent, l'estat de la mar, la terbolesa de l'aigua o la fondària de la capa fòtica són alguns dels paràmetres que ens ajuden a comprendre la dinàmica marina. Al mar és difícil establir estacions meteorològiques com les que podem trobar a terra. Per això se sol fer ús d'instruments ancorats en boies oceanogràfiques, que prenen dades automàticament d'alguns dels paràmetres ambientals marins. Conèixer les dades oceanogràfiques és útil, també, en els estudis de biologia marina, ja que nombrosos processos biològics i ecològics s'esdevenen depenent de les condicions ambientals que hi hagi; així, per exemple, les aigües molt remogudes dificulten la proliferació de plàncton, o l'increment de temperatura pot afavorir el desenvolupament d'alguns organismes marins.

## 11. Temps i clima

Entendre la diferència entre temps atmosfèric i clima és necessari per entendre fenòmens com el canvi climàtic. El temps atmosfèric és el conjunt de condicions atmosfèriques que experimentem diàriament (com la temperatura, la precipitació, el vent, la humitat). El clima és la mitjana a llarg termini del temps atmosfèric, entenent com a llarg termini un temps no inferior a 30 anys. La climatologia és la ciència que estudia les condicions del temps meteorològic en períodes de temps molt llargs en diferents regions i permet establir una classificació dels grans climes terrestres: equatorial, tropical, mediterrani, oceànic, subtropical, àrid, continental, polar, muntanyenc i monsònic.

El clima varia de manera natural tant a petita com a gran escala de temps. La variabilitat del clima respon a processos atmosfèrics i a interaccions entre l'atmosfera, els oceans i la terra. El canvi climàtic respon a modificacions que tenen lloc des de dècades fins a milions d'anys. Els impactes dels canvis climàtics es poden notar com a modificacions en la variabilitat del clima (p. ex., si el clima es fa més càlid, potser hi ha més freqüència de fenòmens com els d'El Niño).

Cal tenir en compte que, des del 1900, la temperatura de l'atmosfera i dels oceans ha anat augmentant. Hi ha dos mecanismes que relacionen l'augment de la temperatura amb la pujada del nivell del mar: d'una banda, el desglaç de les glaceres i dels casquets polars, que augmenta la quantitat d'aigua dels oceans; i, d'altra, l'expansió de l'aigua quan s'escalfa. Els models preveuen que a finals del segle XXI, el nivell del mar s'haurà elevat entre 110 i 880 mm, fet que comportarà la migració de milions d'habitants de zones costaneres i serà catastròfic per a alguns indrets somers. Si l'escalfament global provoca el desglaç de Groenlàndia, el mar pujaria 6 m més i inundaria la majoria de les ciutats costaneres del món.



**Fig. 18.** Distribució dels grans climes mundials en terres emergides. La circulació oceànica i la interacció entre atmosfera i hidrosfera influeixen enormement en el clima d'un determinat indret.

## 12. Relació amb paràmetres biològics

Quan s'estudien els organismes marins o els ecosistemes marins, és important conèixer tant el temps atmosfèric com les dades oceanogràfiques. Nombroses variables ambientals que tenen certa ciclicitat influeixen en els processos biològics que tenen lloc dins el mar. Per exemple, en mars temperats, com ara el Mediterrani, els ecosistemes marins responen a variables ambientals de les quatre estacions de l'any. D'aquesta manera, s'observen diferents successions ecològiques, per exemple, en funció de l'època de l'any (hi predominaran uns organismes o altres, o certs estadis del cycle vital d'altres organismes). En canvi, en ambients polars, la vida marina està adaptada a les condicions que troba allà, com per exemple la formació i fosa del gel marí. L'atmosfera i el mar interactuen constantment, i d'aquesta interacció s'esdevenen nombrosos processos que

afecten la vida marina. Per exemple, durant l'estiu, en nombrosos indrets de zones temperades es pot trobar una forta estratificació de les aigües per l'efecte del major escalfament de les capes més superficials. Això crea «capes» dins el mar, i zones de transició entre aquestes, com ho seria l'anomenada *termoclina*. A la tardor, el vent i les tempestes comencen a remoure l'aigua del mar i, quan tenen prou força, arriben a trencar la termoclina. Això té efectes sobre els organismes del plàncton: amb la termoclina ben formada ben entrat l'estiu, molts organismes romandran només a les capes superficials, on poden arribar a patir una mancança de nutrients (si aquests no arriben per transport lateral o pel vent); quan es trenca la termoclina, es «renova» l'aigua superficial, de manera que hi pugen nutrients alhora que n'augmenta la turbulència, la qual cosa farà que probablement s'hi desenvolupi una altra comunitat biològica.

Conèixer els fenòmens meteorològics i les dades oceanogràfiques permet, per tant, predir en certa manera allò que pot passar a les comunitats biològiques marines.

## II. Possibilitats d'estudi

L'activitat proposada permet tractar de primera mà el temps atmosfèric, tot prenent-ne dades, i abordar, per tant, tots els temes que hi estan estretament relacionats (precipitacions, evaporació, humitat, formació de núvols, etc.). Ensenms, permet tractar temes d'oceanografia física, relatius al temps atmosfèric al mar i als corrents marins; i, alhora, relacionar el temps atmosfèric local amb el clima, així com comparar el temps actual amb dades de temps passats i intentar esbrinar si els patrons anuals reflecteixen canvis graduals.

Algunes de les preguntes que es poden plantejar són:

- A quin tipus de clima correspon el temps atmosfèric que mesurem?
- Si comparem les nostres dades amb dades locals passades, hi podem observar alguna tendència? Podem arribar a parlar de canvi climàtic? Quines altres dades poden ajudar-nos en aquesta tasca?
- Com es relaciona el temps atmosfèric amb els fenòmens que ocorren al mar?
- Podem observar canvis estacionals al mar segons les dades recollides? Com poden afectar aquests canvis (si n'hi ha) a la vida marina?
- Hem observat alguna situació meteorològica de risc durant el temps experimental?

### III. Material i mètodes

#### 1. Construcció de l'estació meteorològica manual

Hi ha diversos aparells de mesurament que pots fabricar manualment; també és aconsellable tenir a mà altres eines.

##### 1.1. Aparells i mesures relacionats amb el vent

###### 1.1.1. Mirall de núvols

Permet saber en quin sentit el vent s'enduu els núvols, o d'on vénen aquests.

#### Material

- Tros de mirall
- Retolador indeleble
- Brúixola

#### Procediment

Dibuixeu una rosa dels vents sobre el tros de mirall amb el retolador.

Poseu aquest mirall pla en un indret a l'aire lliure, orientant-lo cap al nord amb l'ajuda de la brúixola.

Mireu cap a on van els núvols i apunteu-ho.

També podeu analitzar les formes dels núvols i prendre nota de les vostres observacions.

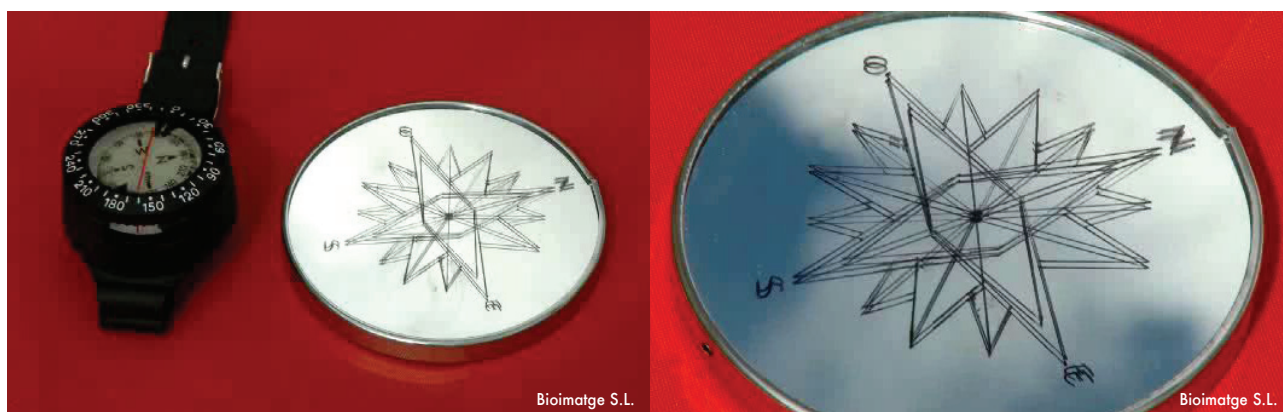


Fig. 19. Mirall de núvols i brúixola. Orientat correctament, indica la direcció en què es mouen els núvols.

### Tipus de núvols:

- Cirrus: en forma de plomalls i filaments, lleugers, brillants; molt alts.
- Cúmuls: blancs, de base plana i part superior arrissada; canvien d'aspecte ràpidament.
- Estrats: similars a una boirina; tot el cel sembla gris.
- Cumulonimbus: gran cúmul amb base fosca.
- Cirrostrats: lletosos, formen una mena d'halo al voltant de la Lluna i del Sol.
- Cirrocúmuls: formes globulars, petites i molt blanques.
- Alto cúmuls: masses globulars que donen al cel un aspecte arrissat.
- Altostrats: formen un vel gris plom que la llum del sol travessa.
- Estratocúmuls: amb aspecte de coixins estrets i regulars.
- Nimbostrats: en capes uniformes, sense forma precisa i base rugosa sobre fons fosc.



Jordi Corbera

**Fig. 20.** Esquema dels diferents tipus de núvols: A) cirrus, B) cúmuls, C) estrats, D) cumulonimbus, E) cirrostrats, F) cirrocúmuls, G) altoestrats i H) nimboestrats.

### 1.1.2. Escala per mesurar la força del vent

La mesura empírica per a la intensitat del vent es llegeix en l'escala de Beaufort, basada sobretot en l'estat del mar, de les onades i la força del vent; és la següent:

observació	designació	velocitat (km/h)	força (escala Beaufort)
fum vertical	calma o ventolina	0-5	0-1
les fulles s'agiten	brisa fluixa	5-20	2-3
les branques es mouen	brisa fresca	20-40	4-5
les copes es balancegen	brisa forta	40-50	6
tots els arbres es mouen	vent fort	50-60	7
les branques es trenquen	vent dur	60-90	8-9
cauen arbres	temporal	90-115	10-11
danys greus	huracà	>115	12

Fig. 21. Taula de l'escala de mesura de la força del vent segons l'escala de Beaufort.

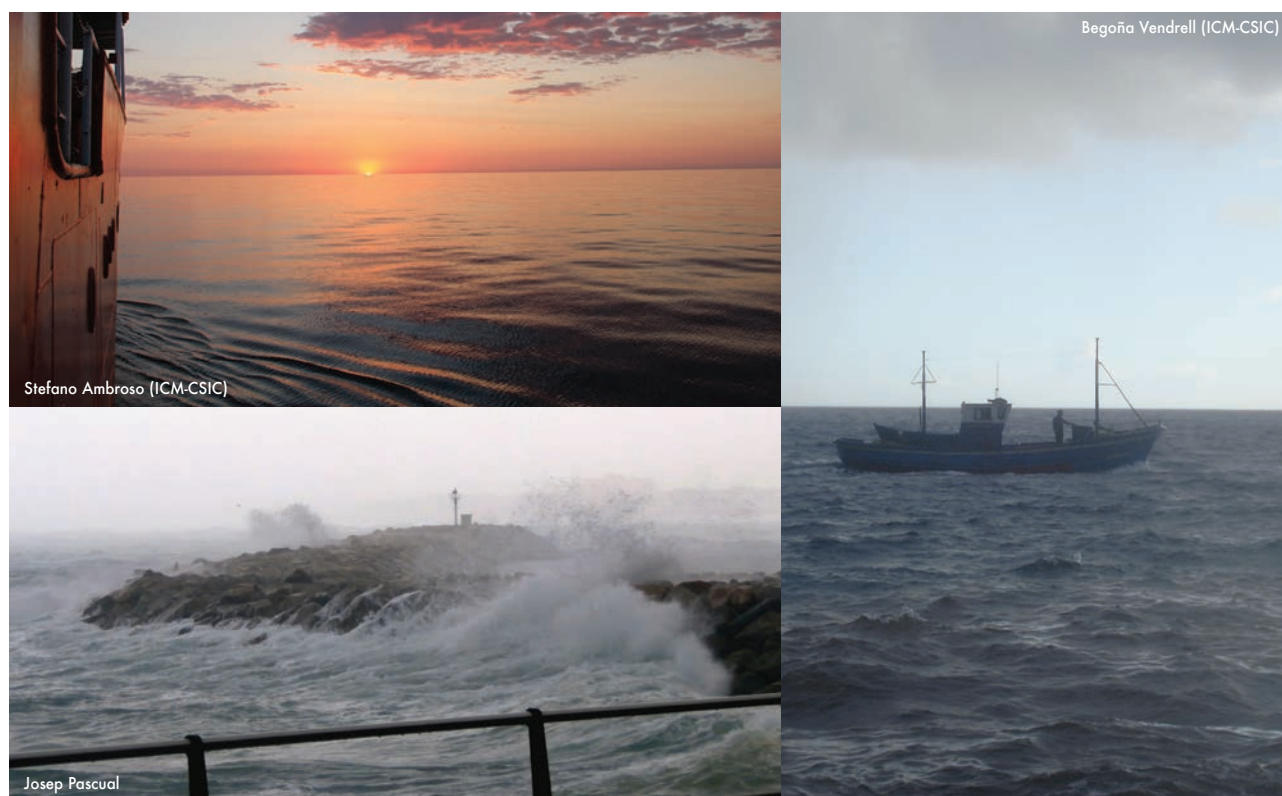


Fig. 22. Situacions meteorològiques corresponents a diferents graus en l'escala de Beaufort: (↑) mar en calma (força 0-1), (→) mar arrissada (força 4-5) y (←) mala mar (força 7).

Segons la força del vent, el nostre cos té una sensació tèrmica diferent. Així, per exemple, si la temperatura és de 10 °C i no bufa vent, la nostra sensació tèrmica és de 10 °C; en canvi, si a la mateixa temperatura bufa un vent de 20 km/h, la nostra sensació tèrmica és d'uns 4 °C, i si el vent és de 40 km/h, és de 0 °C.

temperatura (°C) sense vent	temperatura (°C) amb vent de 20 km/h	temperatura (°C) amb vent de 40 km/h
10	2,5	0
5	-5	-7,5
0	-10	-15
-5	-17,5	-22,5
-10	-25	-30
-15	-32,5	-37,5

Fig. 23. Taula de la sensació tèrmica corporal segons la força del vent.

### 1.1.3. Penell

Permet mesurar la direcció del vent.

#### Material

- Carret de fil
- Llauna de refresc
- Barnilla
- Pal recte i massís (p. ex., com el d'una escombra de fusta)
- Clau
- 3 cargols amb les seves femelles
- Filferro
- Cúter
- Tisores
- Guants
- Brúixola
- Cinta adhesiva de colors



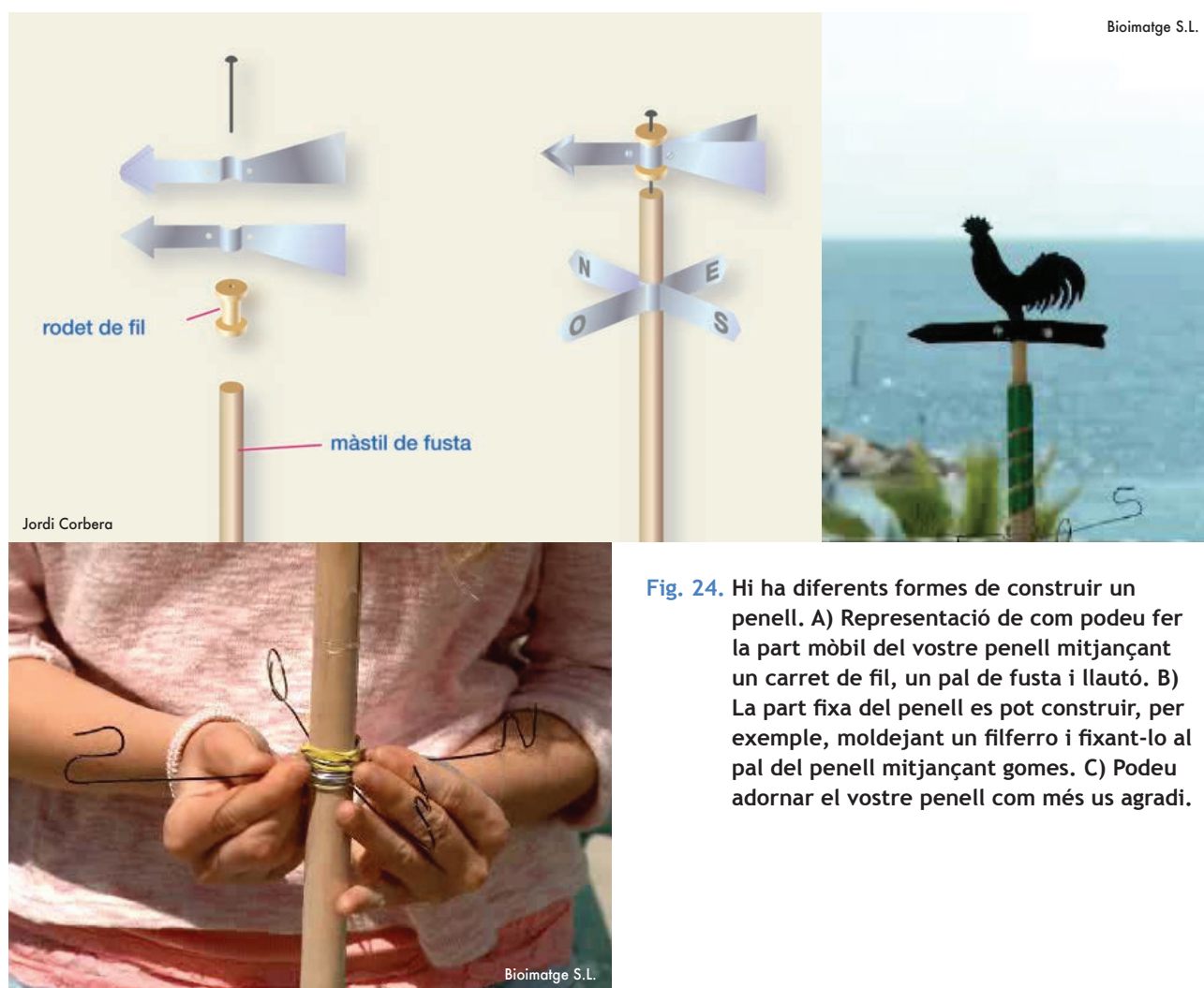
### Procediment

Claveu ben clavada a terra una barnilla recta, d'un o dos metres d'alçada.

Per preparar la part «fixa» del penell, moldegeu el filferro de manera que, en cada extrem, es llegeixi la inicial de cada punt cardinal. Verifiqueu l'orientació amb la brúixola. Aquesta part fixa ha de quedar situada a uns 50-80 cm de la barnilla.

Per construir la part «mòbil» del penell, claveu un clau a la part superior del pal, que farà d'asta. Talleu la llauna de refresc (utilitzeu els guants perquè us podríeu tallar) i dissenyeu, amb ella, dues fletxes de llautó. Fixeu, mitjançant els cargols i les femelles, cada fletxa de llautó a cada costat del carret de fil, de manera que el carret de fil quedi entremig d'ambdues fletxes (més o menys a l'alçada de la part mitjana de les fletxes). Poseu el carret de fil (amb les fletxes de llautó fixades) sobre el clau. Deixeu que giri lliurement.

Finalment, adorneu el pal de fusta amb cintes adhesives de colors (opcional).



**Fig. 24.** Hi ha diferents formes de construir un penell. A) Representació de com podeu fer la part mòbil del vostre penell mitjançant un carret de fil, un pal de fusta i llautó. B) La part fixa del penell es pot construir, per exemple, moldejant un filferro i fixant-lo al pal del penell mitjançant gomes. C) Podeu adornar el vostre penell com més us agradi.

### 1.4. Mànega de vent

Permet mesurar la direcció i força del vent.

#### Material

- Tela lleugera
- Filferro rígid
- Perxa del pal

#### Procediment

Talleu la tela lleugera seguint l'esquema. Cosiu-la, de manera que quedi tancada.

Amb el filferro rígid formeu un cercle. Abans de tancar-lo, feu-hi una mena de ganxo i poseu-hi un anell dins.

Cosiu l'obertura de la mànega sobre el cercle de filferro, deixant passar el ganxo i l'anell.

Enfileu el conjunt pel ganxo i l'anell sobre l'eix proveït d'una molla en espiral.

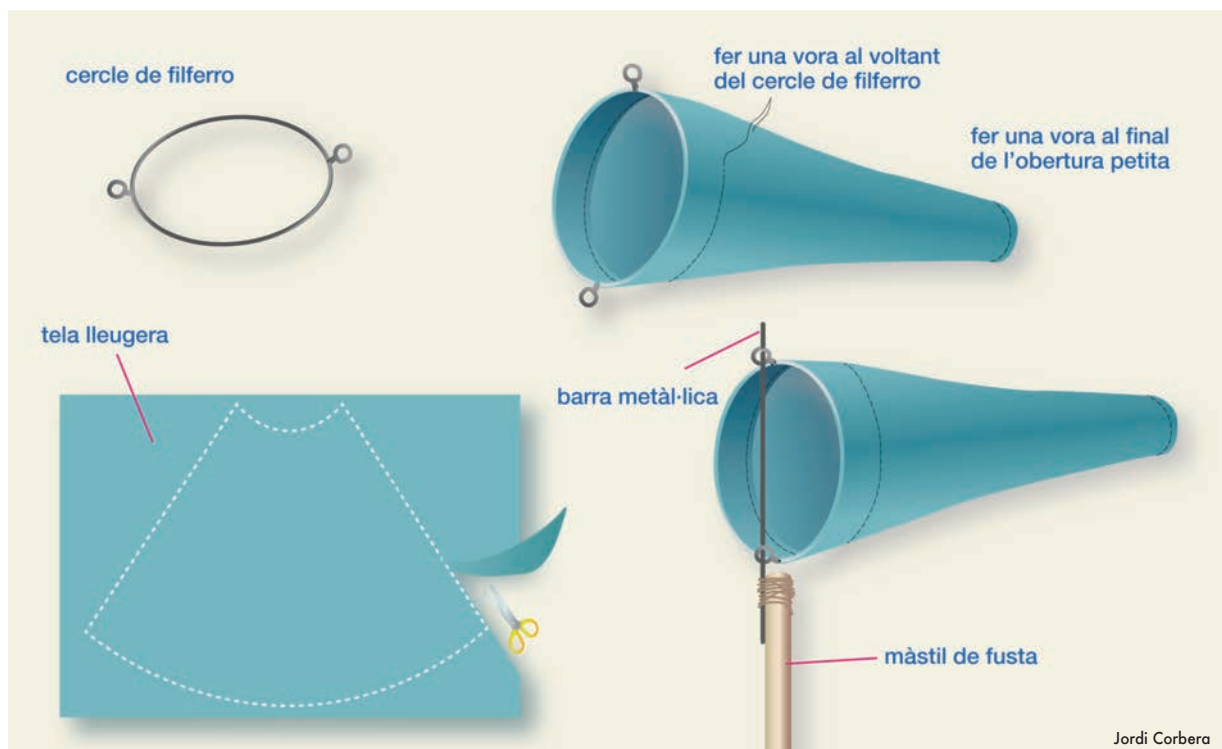


Fig. 25. Representació esquemàtica de la realització d'una mànega de vent.

### 1.2. Aparells per mesurar la pressió atmosfèrica

#### 1.2.1. Baròmetre

##### Material

- Pot de vidre (p. ex., de conserves)
- Gomes elàstiques
- Globus de plàstic
- Canyeta de plàstic
- Agulla o escuradents fi
- Cola per enganxar
- Cartró blanc
- Llapis

##### Procediment

Tapau el pot amb un tros de globus i una goma elàstica.

Agafeu una canyeta i col·loqueu una agulla (o un escuradents fi) en un dels extrems. L'altre extrem estarà enganxat al globus.

Davant de l'agulla col·loqueu una escala graduada, que prèviament haureu dibuixat sobre el cartró blanc. El cartró s'ha d'aguantar bé sobre la superfície en què estigui.

Observeu com l'agulla va canviant d'un dia per l'altre.

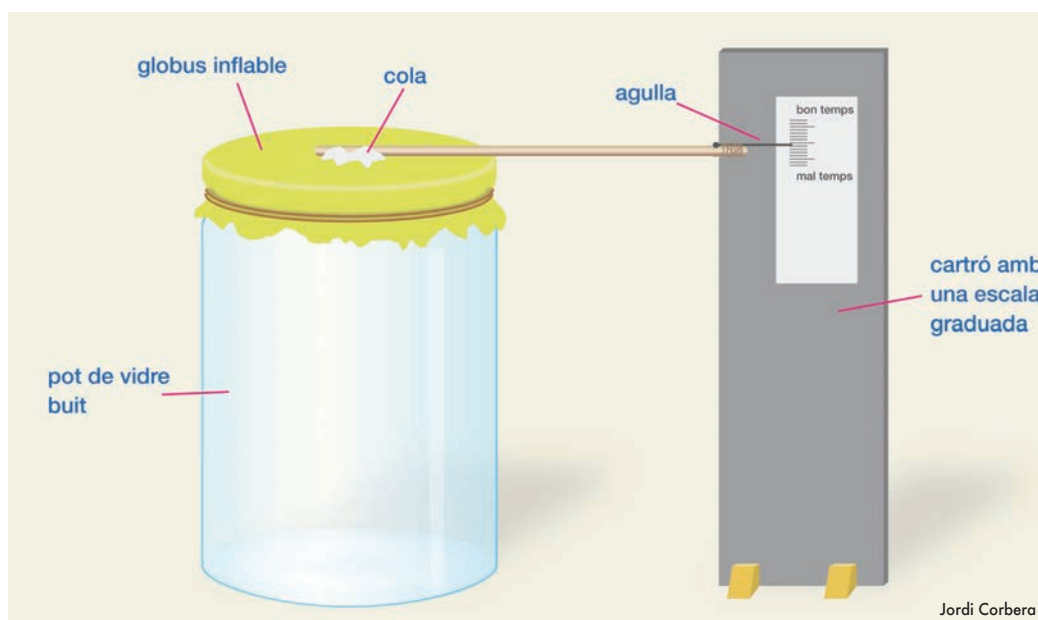


Fig. 26. Baròmetre.

### 1.3. Aparells per mesurar la pluviositat

#### 1.3.1. Pluviòmetre

##### Material

- Proveta de vidre graduada o ampolla de plàstic graduada
- Embut de 15 cm de diàmetre (podeu fer-lo tallant el coll de l'ampolla)
- Capseta de fusta

##### Procediment

- Si feu servir la proveta de vidre, col·loqueu la capseta en sentit vertical. Poseu la proveta graduada, amb l'embut a la part superior, dins la capseta. Fixeu la capseta a una alçada d'1,5 m del terra.
- Si feu servir l'ampolla, talleu-ne el coll fins a la part ampla. Gradueu l'ampolla. Col·loqueu l'embut (o la part tallada del coll de l'ampolla, de manera que actuï com un embut) dins l'ampolla. Col·loqueu l'ampolla en sentit vertical, a uns 1,5 m del terra.

En tots dos casos haureu de mesurar l'aigua recollida. Caldrà que hagueu perforat una mica la capseta, abans, per poder llegir l'alçada de l'aigua. Cada 10 mm de pluja recollits, equivalen a 10 litres d'aigua per metre quadrat a terra.

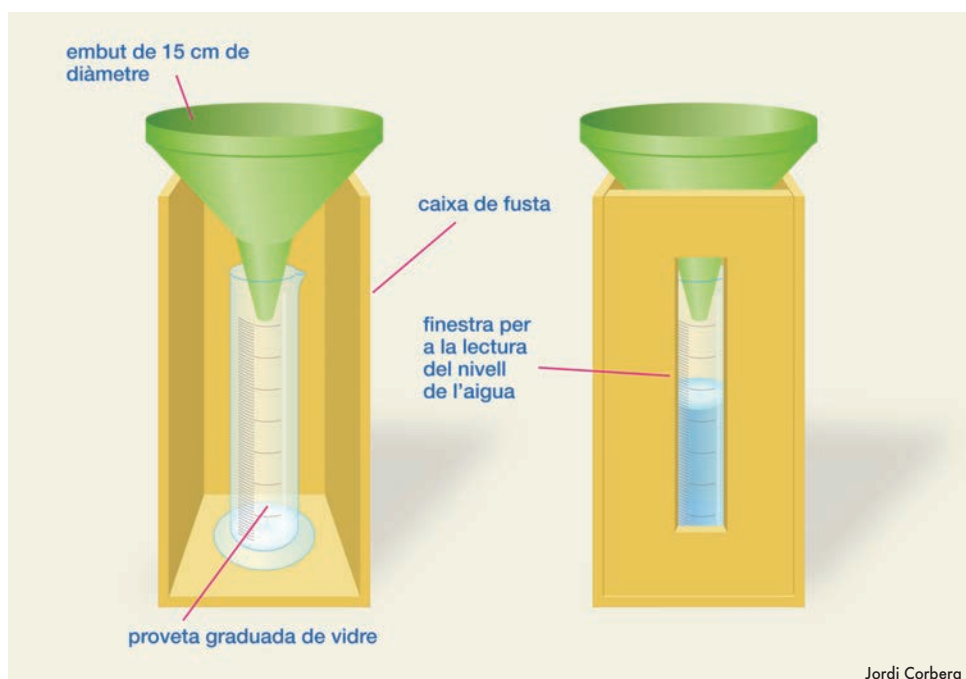


Fig. 27. Pluviòmetre amb la seva capseta protectora.

### 1.4. Caseta protectora dels instruments de mesurament

#### Material

- Tela asfàltica
- Fustes i claus
- Martell
- Ganxos
- Pal llarg
- Termòmetre en forma de U, que indiqui màximes i mínimes

#### Procediment

Amb el material anterior, construiu una caseta de quatre parets, amb un sostre que tingui una mica de pendent. Instal·leu-la sobre el pal llarg. La caseta ha de tenir foradades totes les parets menys l'orientada al sud. Hi heu de col·locar un doble sostre en pendent i que deixi passar l'aire. I hi heu d'instal·lar ganxos a l'interior per penjar-hi els instruments. Col·loqueu-hi també el termòmetre.

## 2. Obtenció de dades ambientals al mar

#### Material per prendre dades ambientals bàsiques

- Termòmetre que pugui ficar-se dins l'aigua
- Pot de plàstic o ampolleta
- Càmera fotogràfica

#### Material per construir un disc de Secchi

- Disc de fusta
- Llapis
- Pintura negra i pintura blanca (que no es dissolguin a l'aigua)
- Cap
- Trepant o barrina o filaberquí
- Corda
- Contrapès

### Procediment

1. Construïu el disc de Secchi: agafeu el disc de fusta i dividiu-lo amb el llapis en quatre quadrants. Pinteu-ne dos de negre i dos de blanc, alternats. Feu quatre forats petits però suficientment grossos perquè hi passi la corda en la perifèria del disc. Passeu-hi la corda de manera que el disc quedi balancejat. Lligueu els quatre extrems de corda al cap. Passeu més corda pels mateixos forats, però per la part de sota, i lligueu-los a un contrapès perquè el disc s'enfonsi.
2. Fotografeu la mar.
3. Caracteritzeu l'estat de la mar (mar plana, mar arrissada, onades d'X metres d'alçada).
4. Caracteritzeu els núvols.
5. Obteniu la temperatura ambiental i la temperatura de l'aigua amb l'ajuda del termòmetre (recollint una mica d'aigua en el pot de plàstic).
6. Marqueu (amb retolador indeleble o amb cinta americana) el cap del disc de Secchi amb una marca a cada metre (començant per la base del disc i cap amunt).
7. Fiqueu el disc de Secchi dins l'aigua fins que ja no es vegi. Retireu el cap que durà marques a cada metre, i compteu-ne els metres. La fondària del disc de Secchi donarà idea de fins on arribava la llum solar aquell dia dins el mar i, per tant, de la terbolesa de l'aigua.
8. Preneu les mesures oceanogràfiques i també les atmosfèriques amb una certa periodicitat (com més dades es puguin tenir, millor; és a dir, si es poden prendre dades atmosfèriques, p. ex., diàriament, preneu-les).

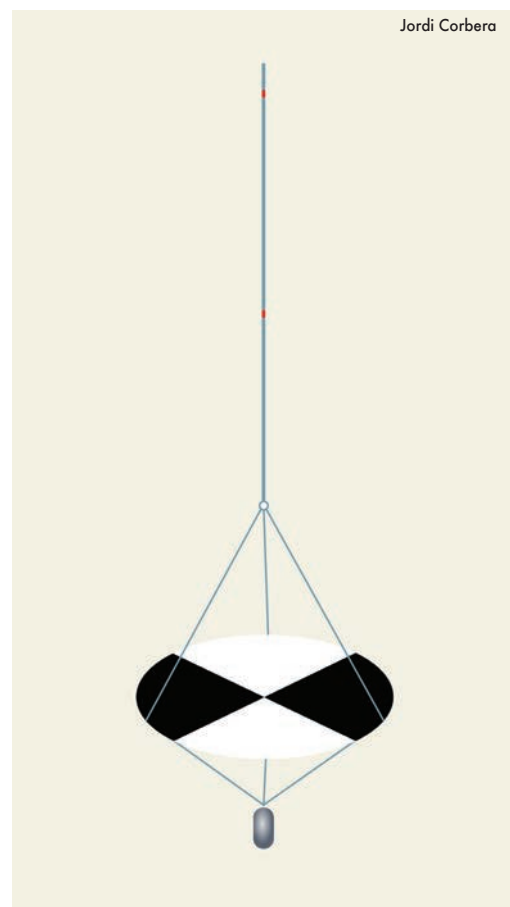
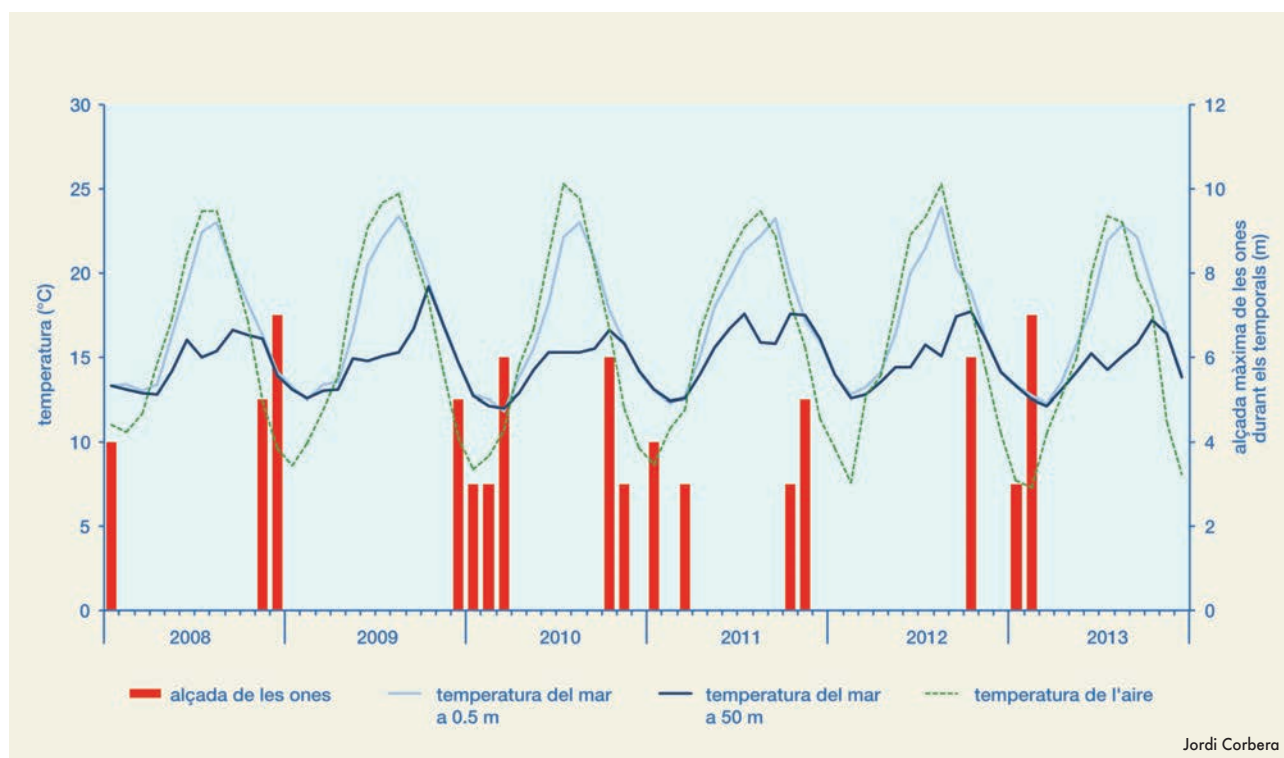


Fig. 28. Disc de Secchi.

### III. Possibilitats d'estudi, representació i anàlisi de les dades

#### 1. Representació gràfica de les dades

Les dades recollides es poden representar gràficament, fent un gràfic dels diferents valors obtinguts de les diferents variables en funció del dia de l'any. D'aquesta manera es pot fer, també, una diferenciació gràfica entre mesos de l'any i/o entre les estacions de l'any.



Jordi Corbera

**Fig. 29.** En aquesta gràfica es representa el valor mitjà de l'alçada de les onades, la temperatura del mar a diferents fondàries i la temperatura de l'aire, segons dades recollides entre els anys 2008 i 2013. Visualitzar les dades d'aquesta manera ens permet comparar les variacions d'aquests paràmetres entre els mesos de l'any de diferents anys i també al llarg de les diferents estacions. S'hi pot observar, per exemple, com, a la superfície, la temperatura de l'aire i la temperatura del mar presenten un patró de variació similar al llarg de l'any.

#### 2. Comparació amb dades provinents d'estacions meteorològiques d'arreu o amb dades meteorològiques passades

Es poden obtenir dades d'altres observatoris meteorològics, bé d'arreu o bé de la població estudiada però d'èpoques passades, per tal de comparar els diferents grups de dades (p. ex., esbrinar tendències o establir diferències).

### 3. Adequació de les dades a un tipus de clima concret

Tenint en compte les característiques dels grans climes del món, i la seva distribució, així com les particularitats de l'indret estudiat (altitud, latitud, etc.), podem analitzar si les dades s'adeqüen a algun clima concret.

### 4. Relació de les dades recollides amb les comunitats biològiques

Es poden comparar les dades obtingudes amb la informació biològica i ambiental extreta de referències bibliogràfiques. S'han de tenir en compte les dades meteorològiques i oceanogràfiques i quins canvis s'hi observen al llarg de l'any, i com això pot afectar les comunitats biològiques de les zones litorals estudiades.

També es pot combinar aquesta activitat amb l'activitat d'investigació sobre el plàncton costaner, tot agafant algunes mostres de plàncton superficial per estudiar-ne la comunitat biològica i intentar esbrinar si els canvis que s'hi observen al llarg de l'any poden estar relacionats amb les dades ambientals recollides.