

# COM ES MOUEN ELS OCEANS?



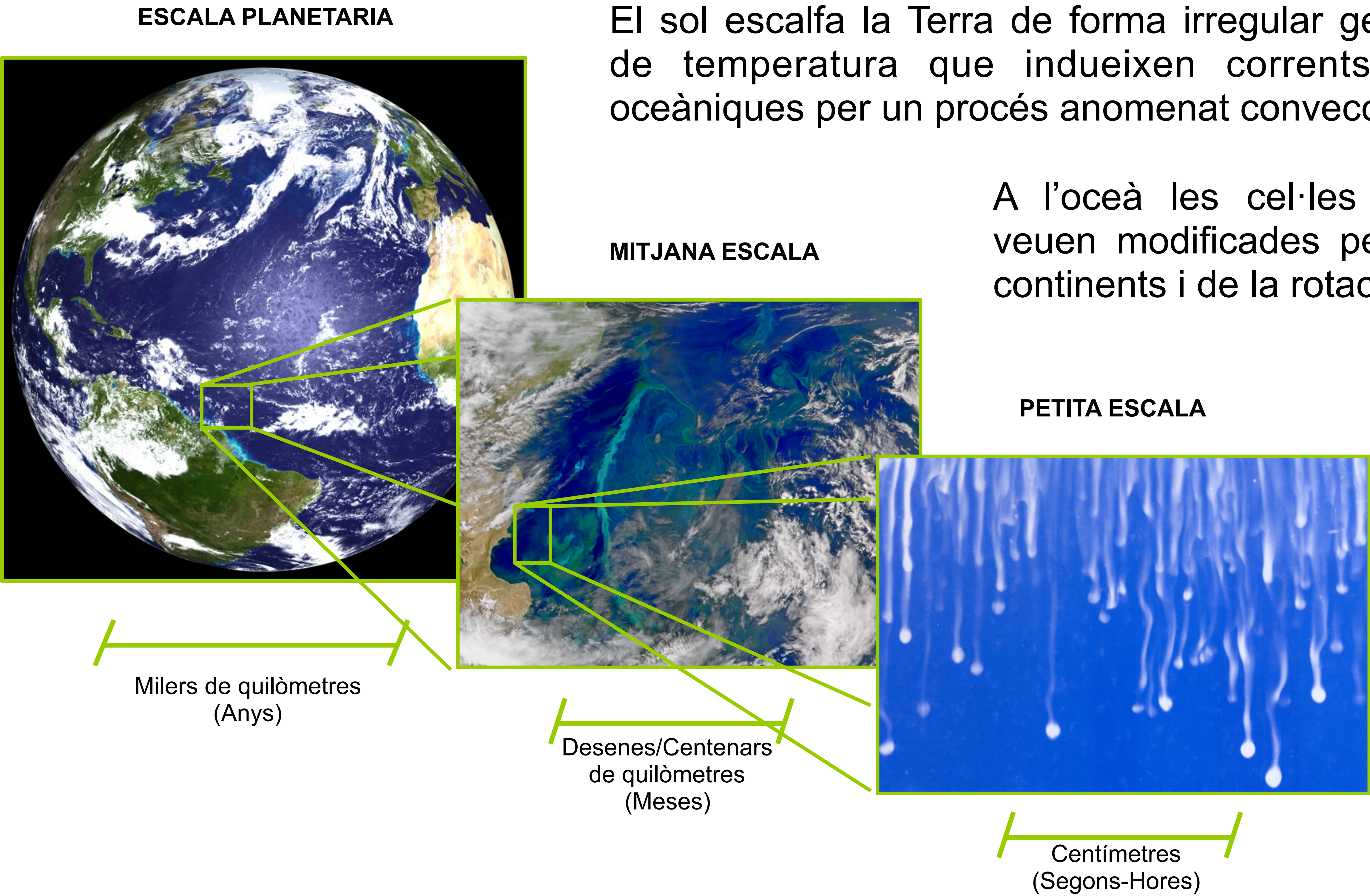
Departament d'Oceanografia Física  
Institut de Ciències del Mar (CSIC)

## Els oceans es mouen: com i quan depèn de l'escala

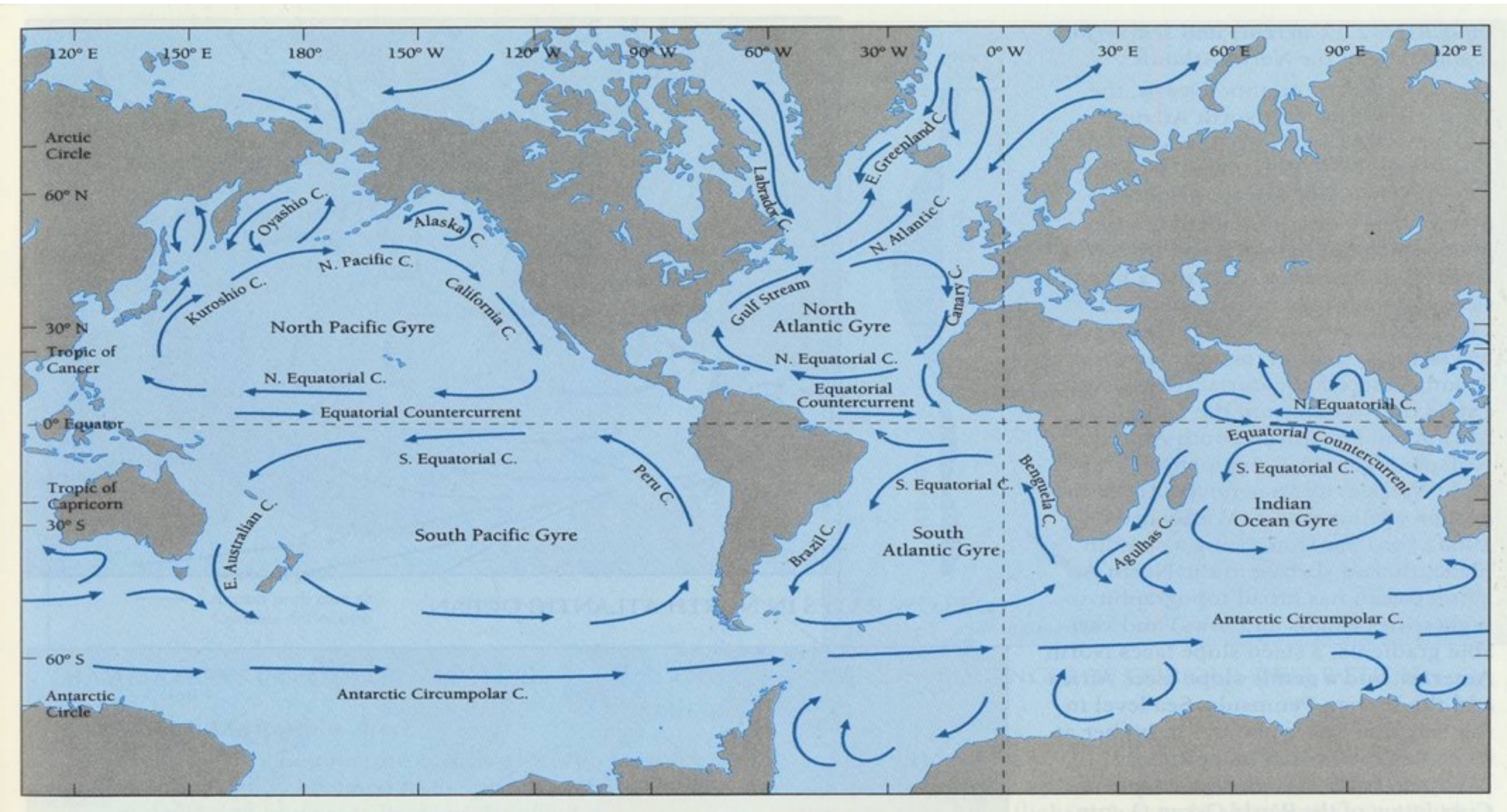
### Què fa moure els oceans?

El sol escalfa la Terra de forma irregular generant diferències de temperatura que indueixen corrents atmosfèriques i oceàniques per un procés anomenat convecció.

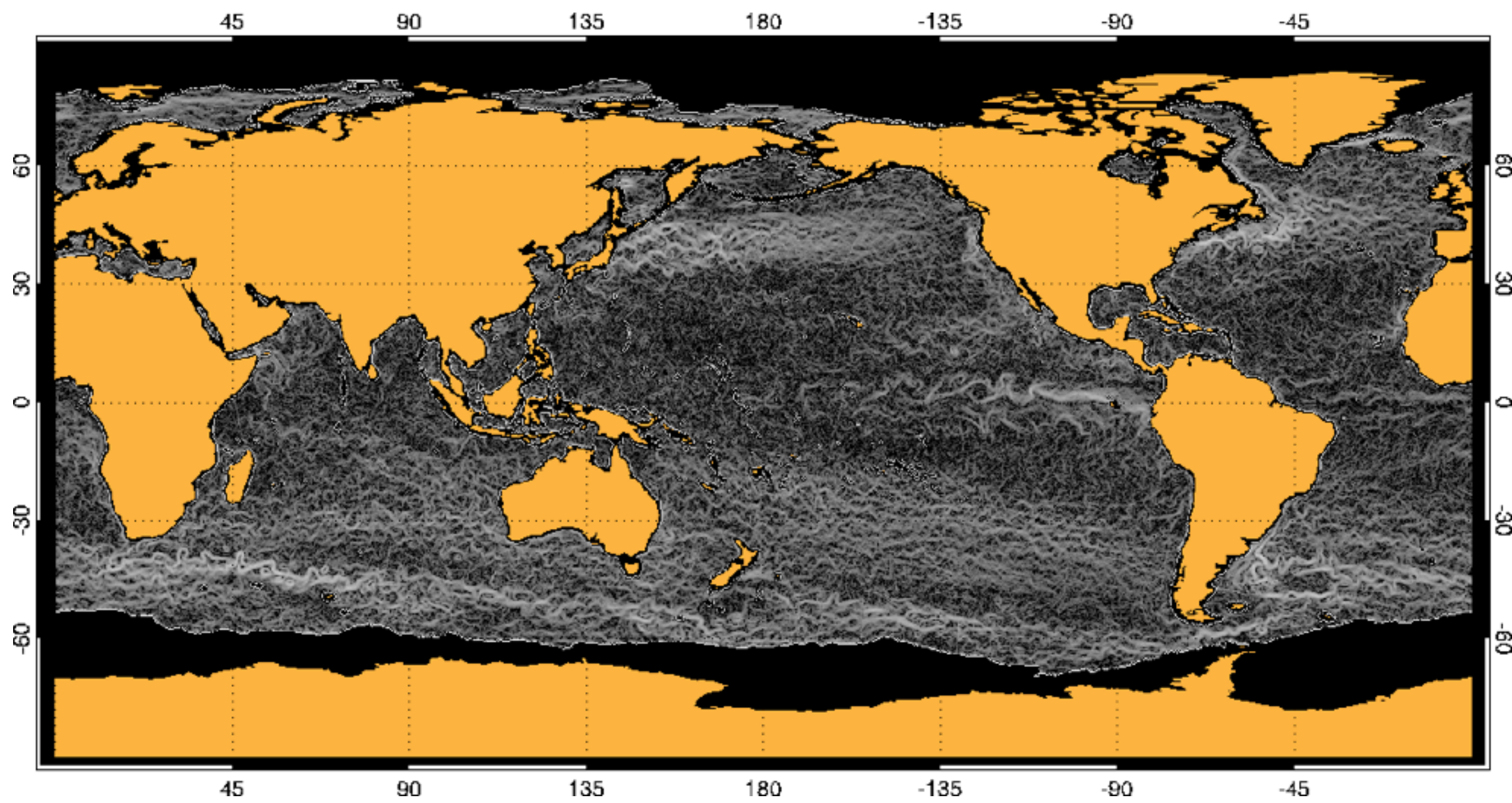
A l'oceà les cel·les de convecció es veuen modificades per la presència de continents i de la rotació terrestre.



A **escala planetària**: els corrents marins transporten calor des de les zones més càlides (els tròpics) fins a les zones més fredes (els pols) regulant el clima del planeta.



A **mitjana escala**: si mirem més a prop els corrents apareixen amb estructures molts complexes i variables (filaments, remolins, jets, etc).



A **petita escala**: apareixen un munt de processos responsables directes de la dissipació d'energia, de la barreja de masses d'aigua i del intercanvis entre l'atmosfera i l'oceà.



# COM ES MOUEN ELS OCEANS?



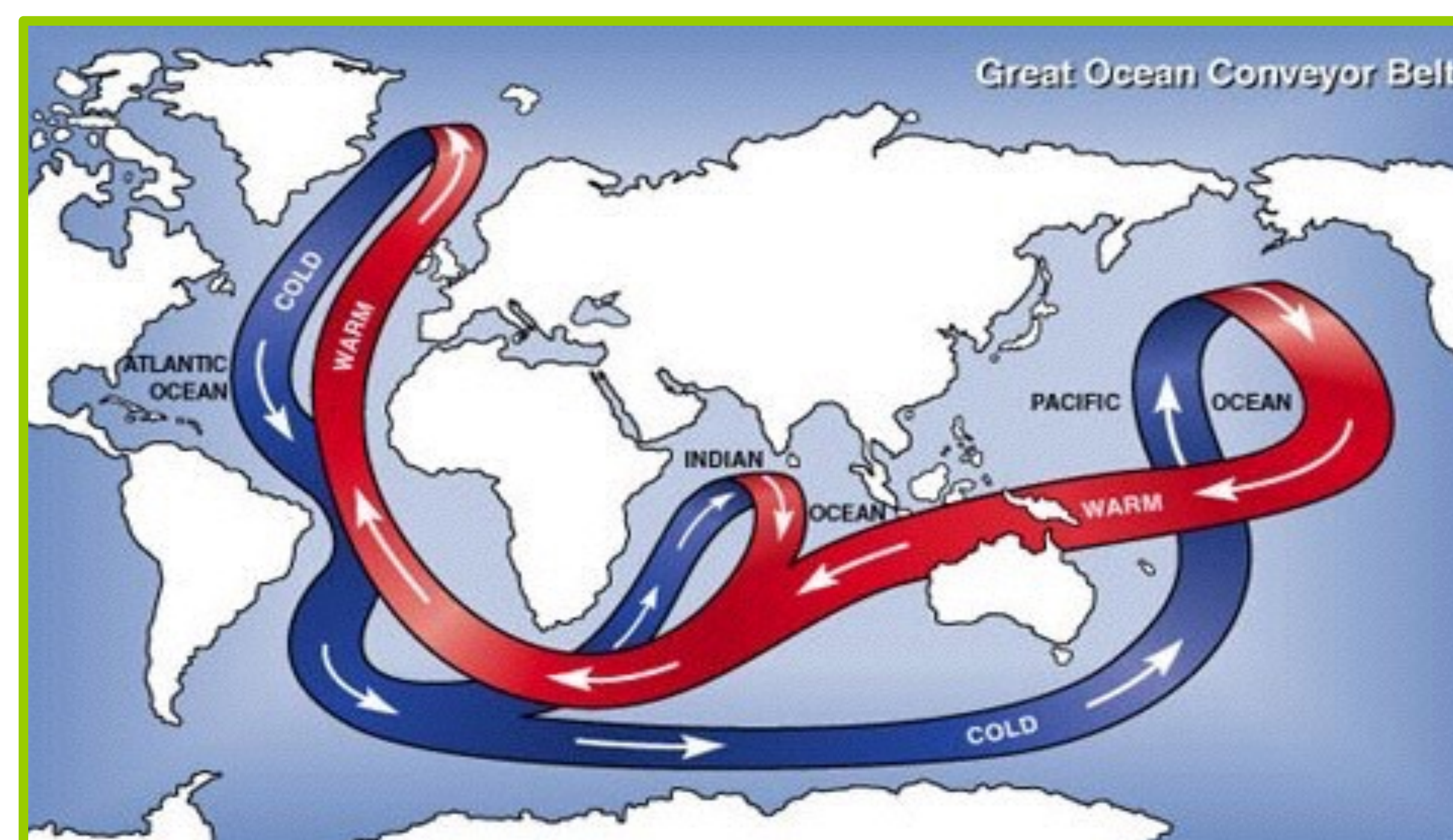
Institut de Ciències del Mar



Departament d'Oceanografia Física  
Institut de Ciències del Mar (CSIC)

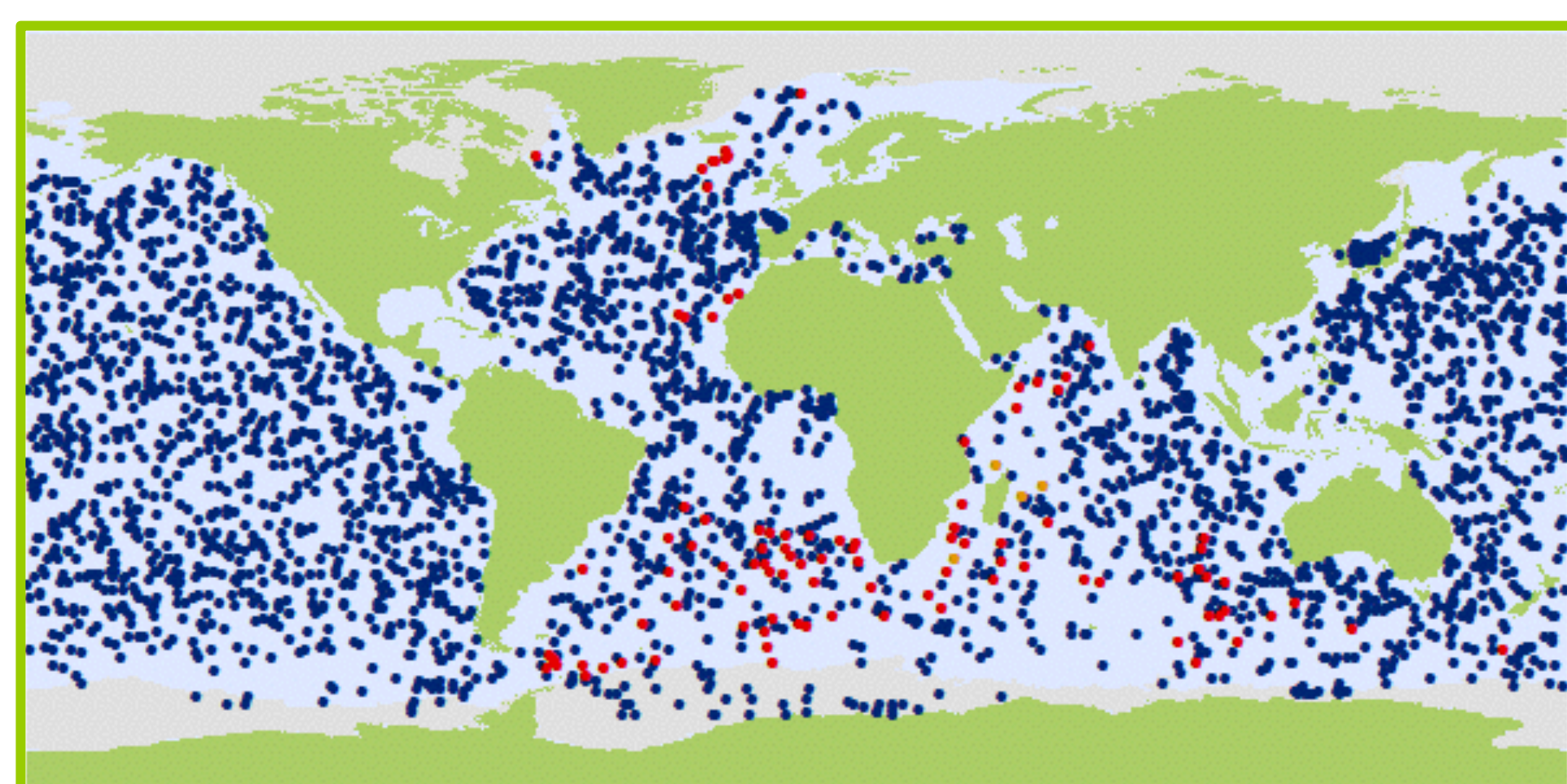
## ESCALA PLANETÀRIA

La **corrent termohalina** redistribueix la calor per tot el planeta. Per a caracteritzar-la se solen mesurar els paràmetres que la causen: la **temperatura (T)** i la **salinitat (S)**.



## SATÈL·LITS I BOIES

Fenòmens tan grans solament es poden mesurar des de molt lluny per mitjà de satèl·lits o de boies oceàniques.



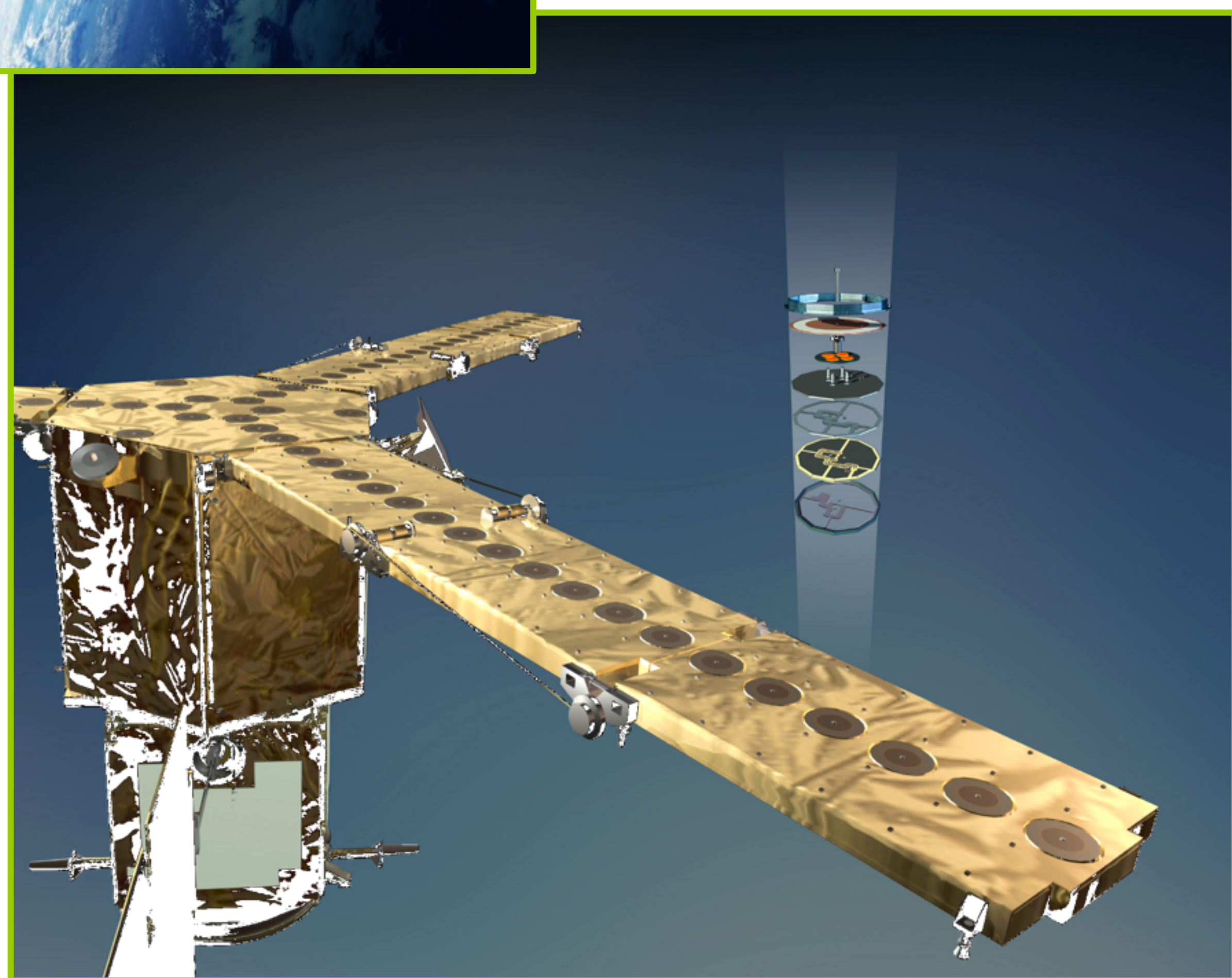
Boies actives en aquest moment en el oceà.  
(Font: projecte ARGO)

Les **boies de deriva o lagrangianes** son arrossegades durant mesos pels corrents, superficials o a una certa fondària. les dades son recollides via satèl·lit els quals permeten visualitzar les seves trajectòries i les distribucions de T i S .

Enguany existeix un sistema de monitorització global de l'oceà (ARGO).



El **satèl·lit SMOS** es llançarà l'any que ve i mesurarà contínuament i globalment la salinitat de l'oceà des de 800 km d'altura.  
Figura inferior. Detall de l'antena d'SMOS.



Al sistema de boies, s'hi sumarà l'any 2009 el **satèl·lit SMOS** (Soil Moisture and Ocean Salinity) de l'**ESA** (European Space Agency) que proporcionarà dades de salinitat i permetrà la creació, per primera vegada, de mapes globals de salinitat setmanals i mensuals.

El nostre grup desenvolupa algorismes d'obtenció de la salinitat i mitjançant simulacions i campanyes de mesures millora els model utilitzats en la recuperació de la salinitat a partir de las mesures de satèl·lit.

Més informació a:

<http://www.cp34-smos.icm.csic.es/>

<http://www.esa.int/esaLP/LPsmos.html>

6a FIRA

**RECERCA08**

**EN DIRECTE**

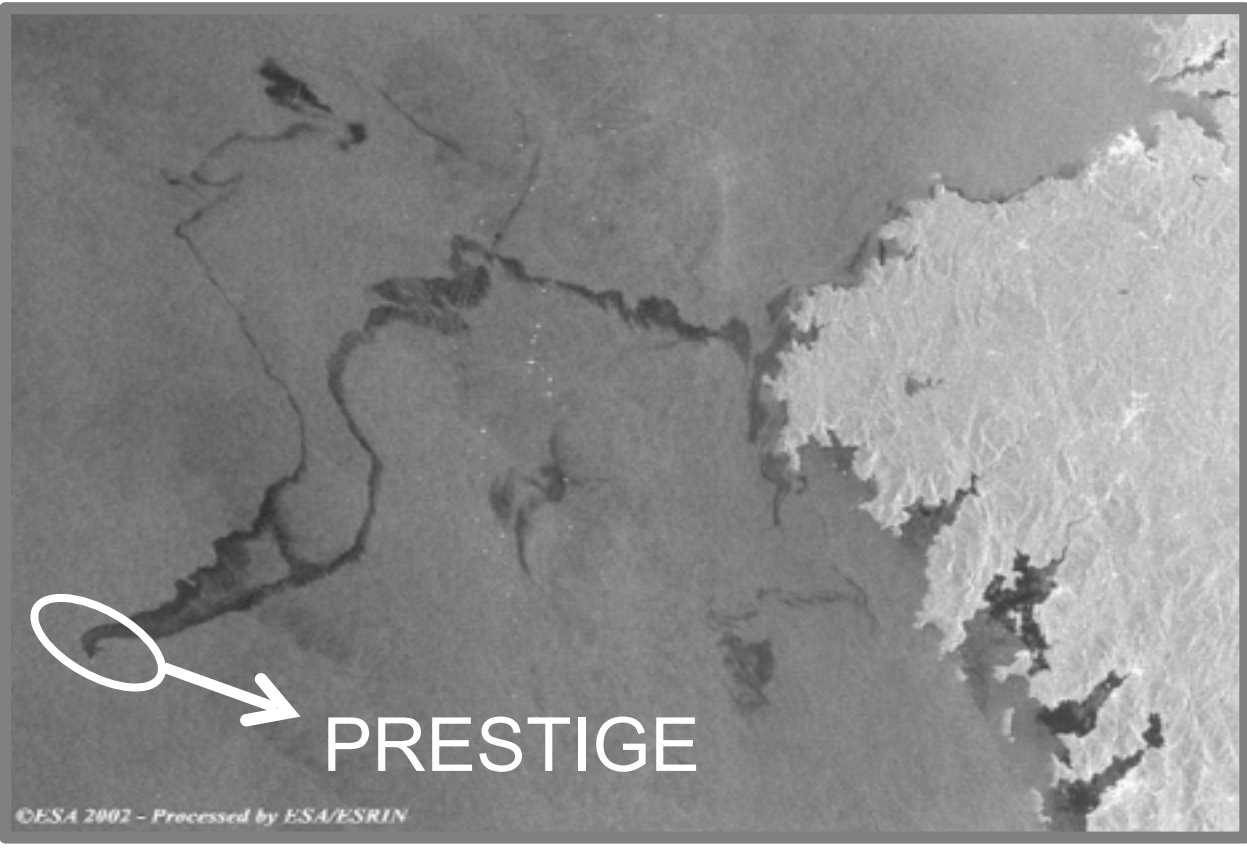
CARPA MOVISTAR 10 i 11 D'ABRIL



# MITJANA ESCALA

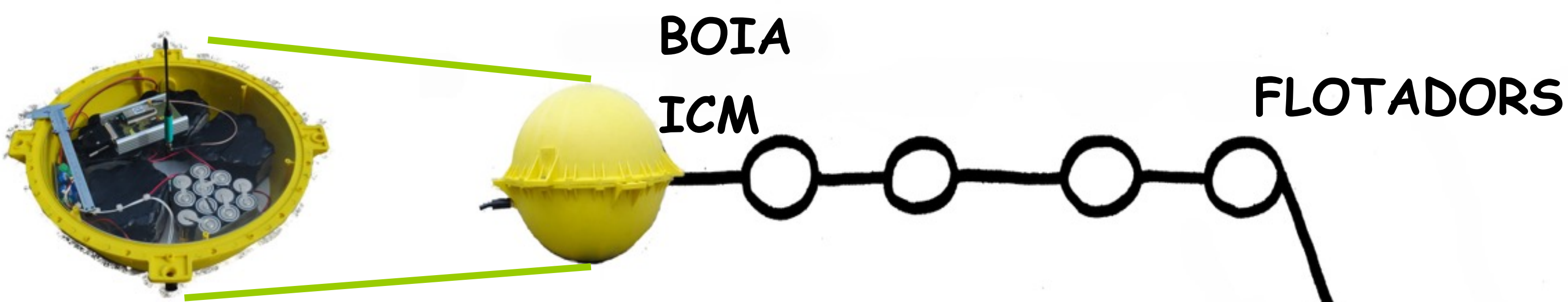
L'ús de boies ens permet reconstruir la trajectòria de les parcel·les d'aigua, fet que pot ser de gran utilitat per a la gestió de situacions de crisis al mar.

Amb el projecte ESEOO s'ha demostrat la viabilitat de l'ús d'aquests instruments per al seguiment i predicció de vessaments com el del cas del Prestige.

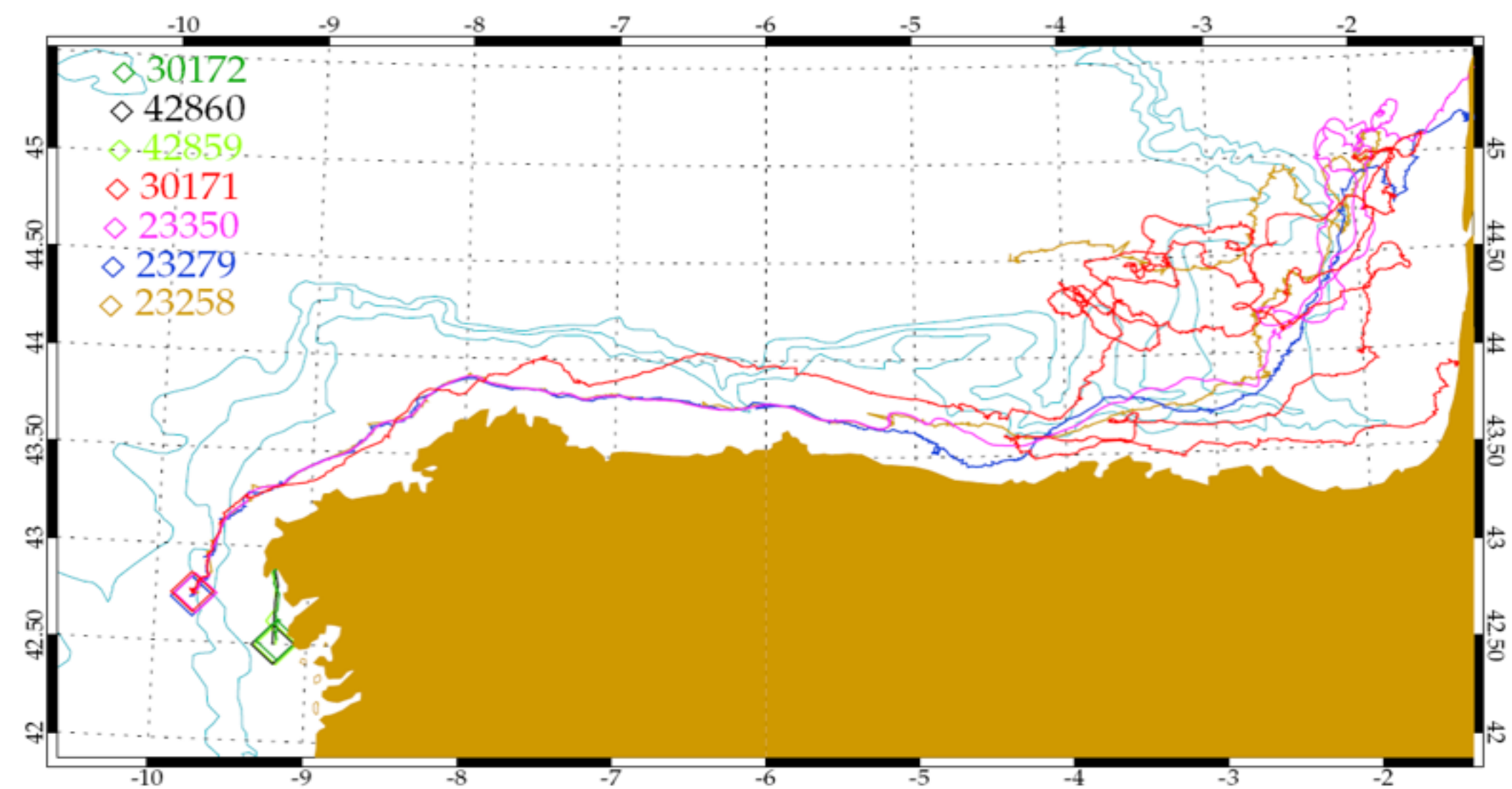


Durant el vessament del Prestige, en 2002, es van utilitzar boies de deriva per seguir el comportament del **chapapote**.

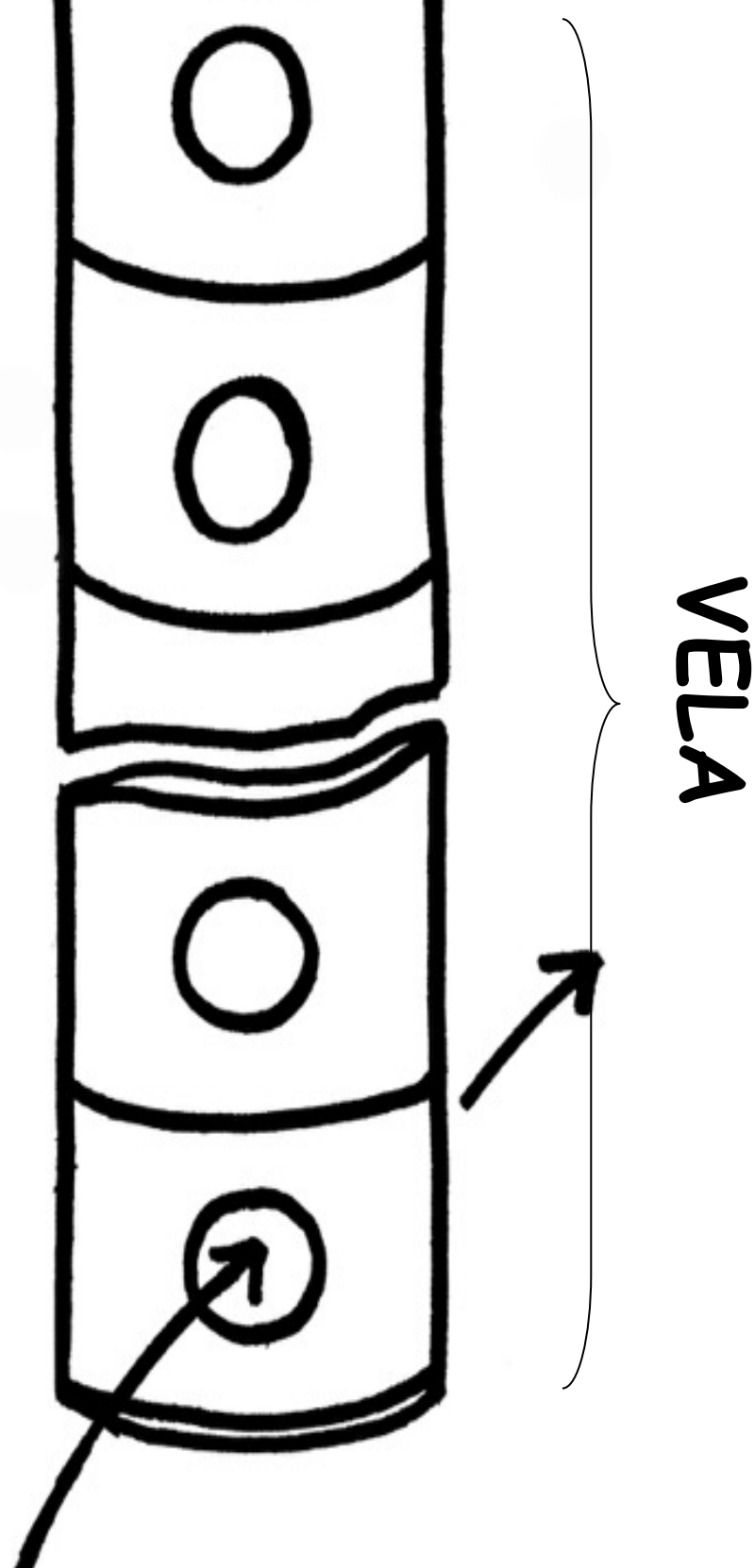
Més informació a: <http://www.esooo.org>



**BOIES DE DERIVA**  
Les boies de deriva contenen un sistema electrònic de transmissió de dades, una sèrie de flotadors que esmorteixen l'efecte de l'onatge, i una vela en profunditat responsable de seguir els corrents.



Evolució de boies de deriva llençades a mar obert durant un simulacre que reproduïa un vessament similar al del Prestige

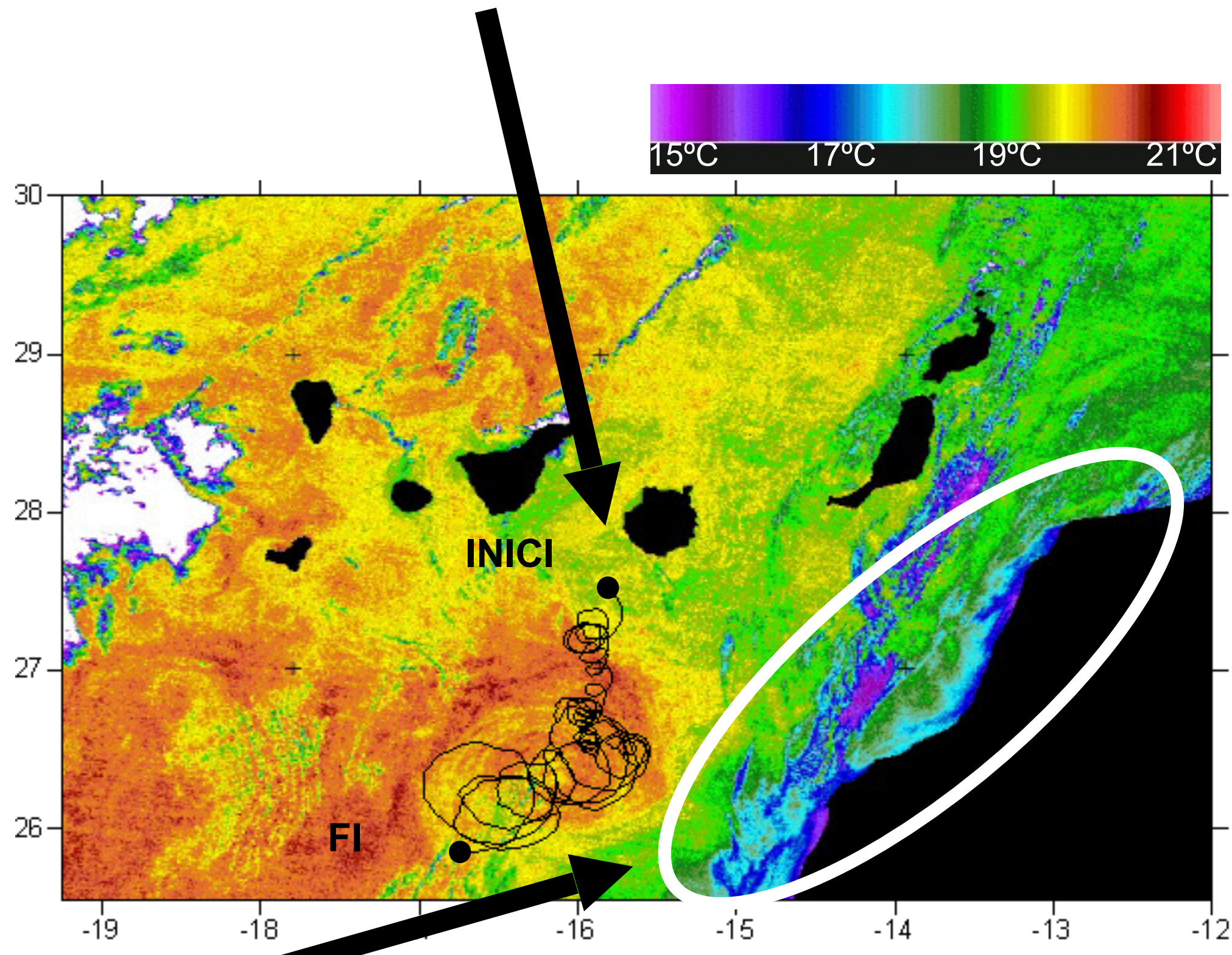


## Les imatges tèrmiques, les trajectòries de les boies i l'alçada del nivell del mar ens revelen la complexitat dels moviments oceànics.

Els **remolins** oceànics són estructures anàlegs als anticiclons i borrasques (cyclons) atmosfèrics. Aquests girs es formen per diferències de temperatura, per acció diferencial del vent, per interacció dels corrents amb la costa o el relleu submarí.

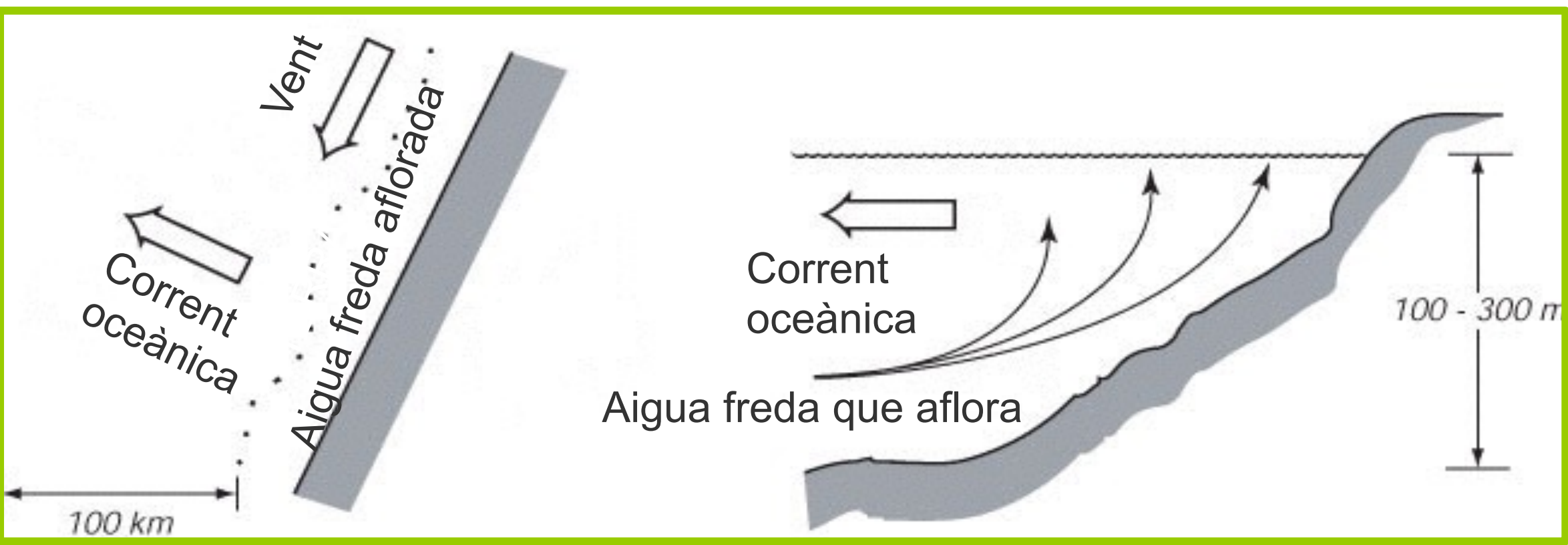
La circulació d'aigua a l'interior dels remolins és bastant tancada fet que permet transportar masses d'aigua lluny del seu lloc d'origen, distribuint energia, temperatura, sal o partícules químiques entre regions oceàniques.

La trajectòria d'una boia de deriva (80 dies) ens mostra un **remolí anticiclònic** (nucli d'aigua calenta) d'un diàmetre similar a la distància entre Barcelona i Tarragona (100 km) a la zona de Canàries.



Imatge cedida per la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

La imatge tèrmica ens permet detectar una massa d'aigua freda provinent de zones més profundes que ens indica la existència d'un **aflorament** costaner.



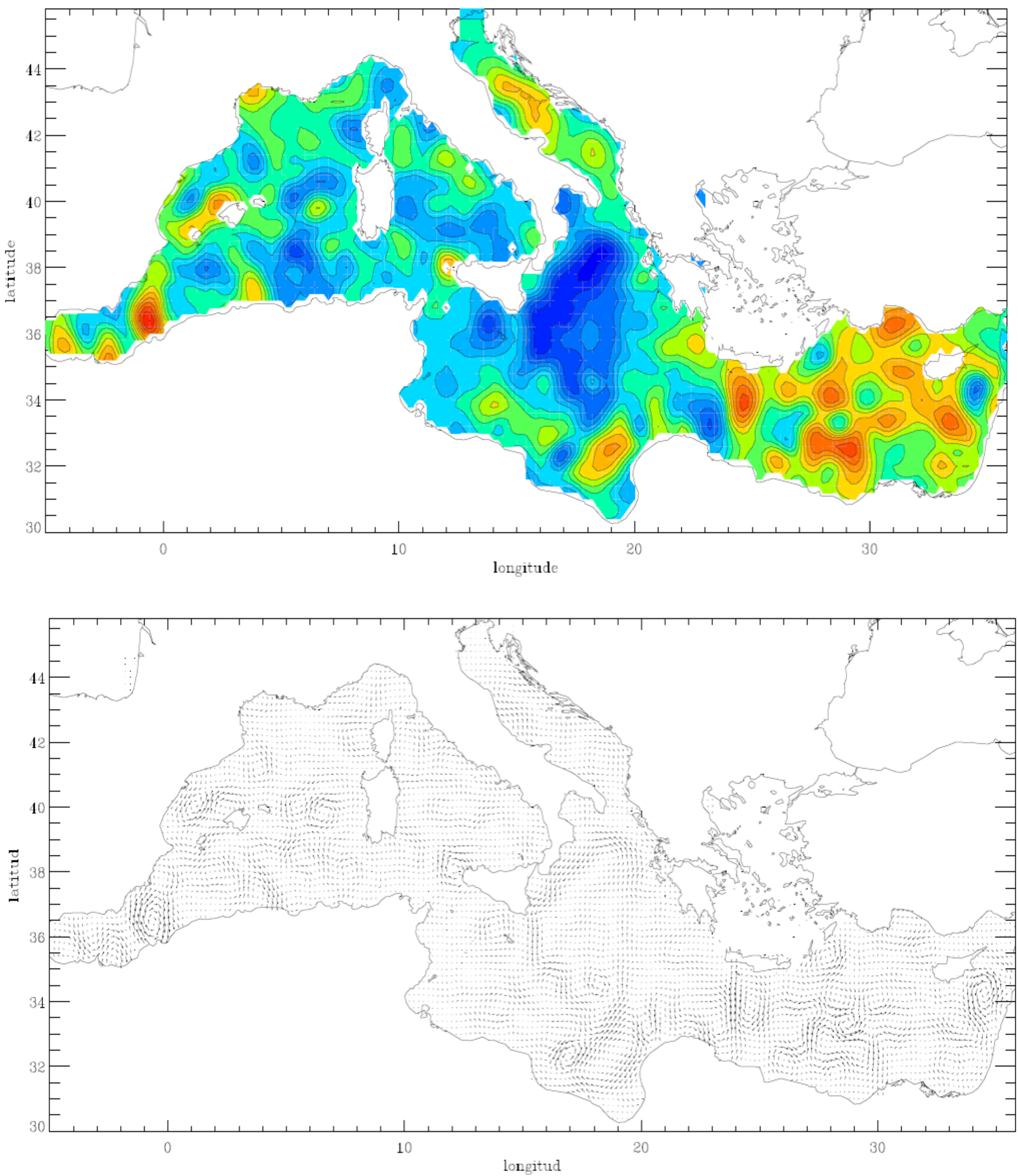
Els **afloraments** son ascens de masses d'aigua profundes a capes més superficials per l'acció continuada de vents que bufen paral·lels a la costa. El moviment del vent es transmet a l'oceà per fricció 90° a la dreta de la seva direcció, generant una corrent marina que s'allunya de la costa.



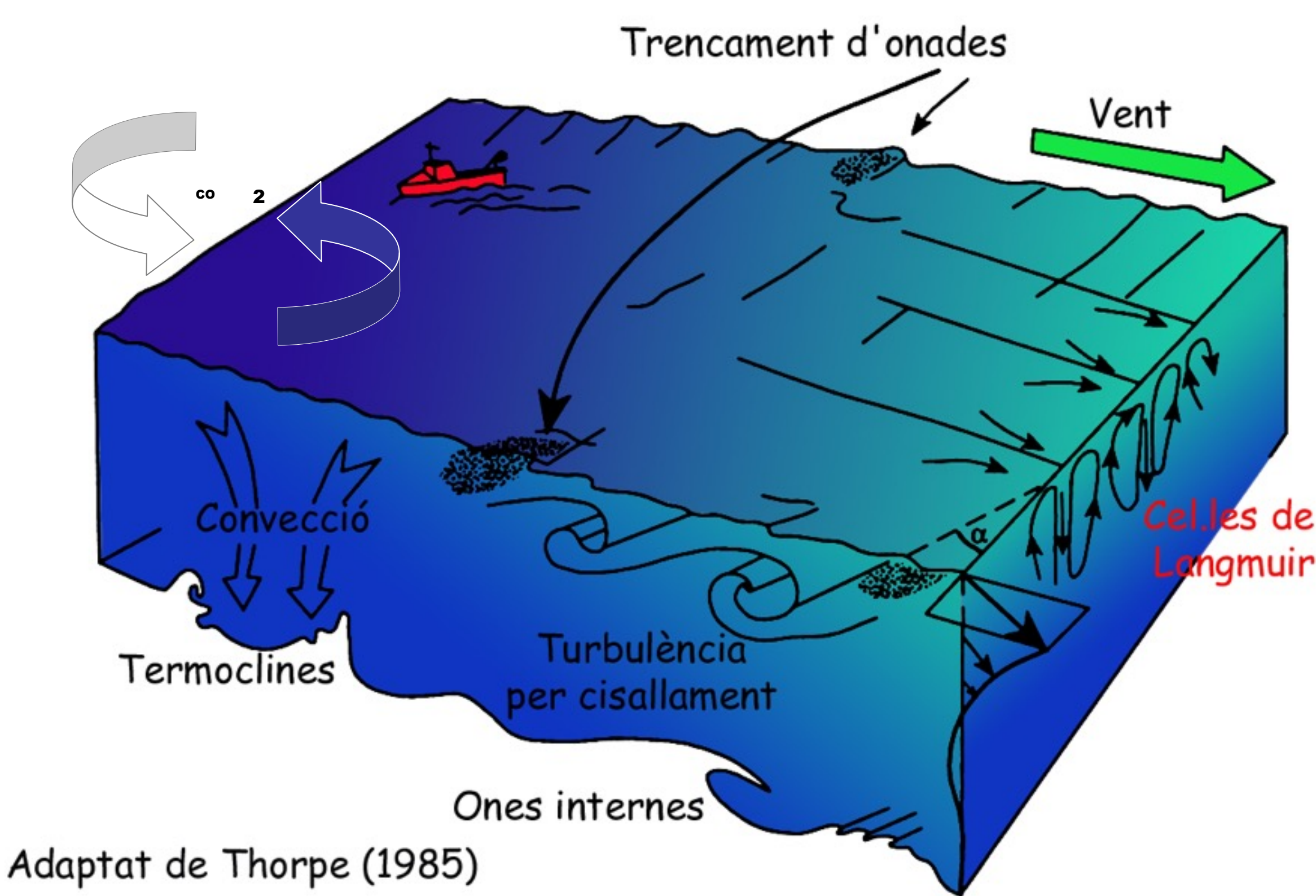
Els mapes de l'alçada del nivell del mar, ens permeten detectar les variacions positives i negatives associades als anticiclons i ciclons.

Com que els anticiclons (ciclons) tenen un nucli d'aigua calenta (freda), pesen menys (més) que l'aigua que els rodeja i s'eleva (s'enfonsen).

Els corrents que giren en el sentit de les agulles del rellotge són anticiclons, mentre que si ho fan en contra són ciclons.



# PETITA ESCALA

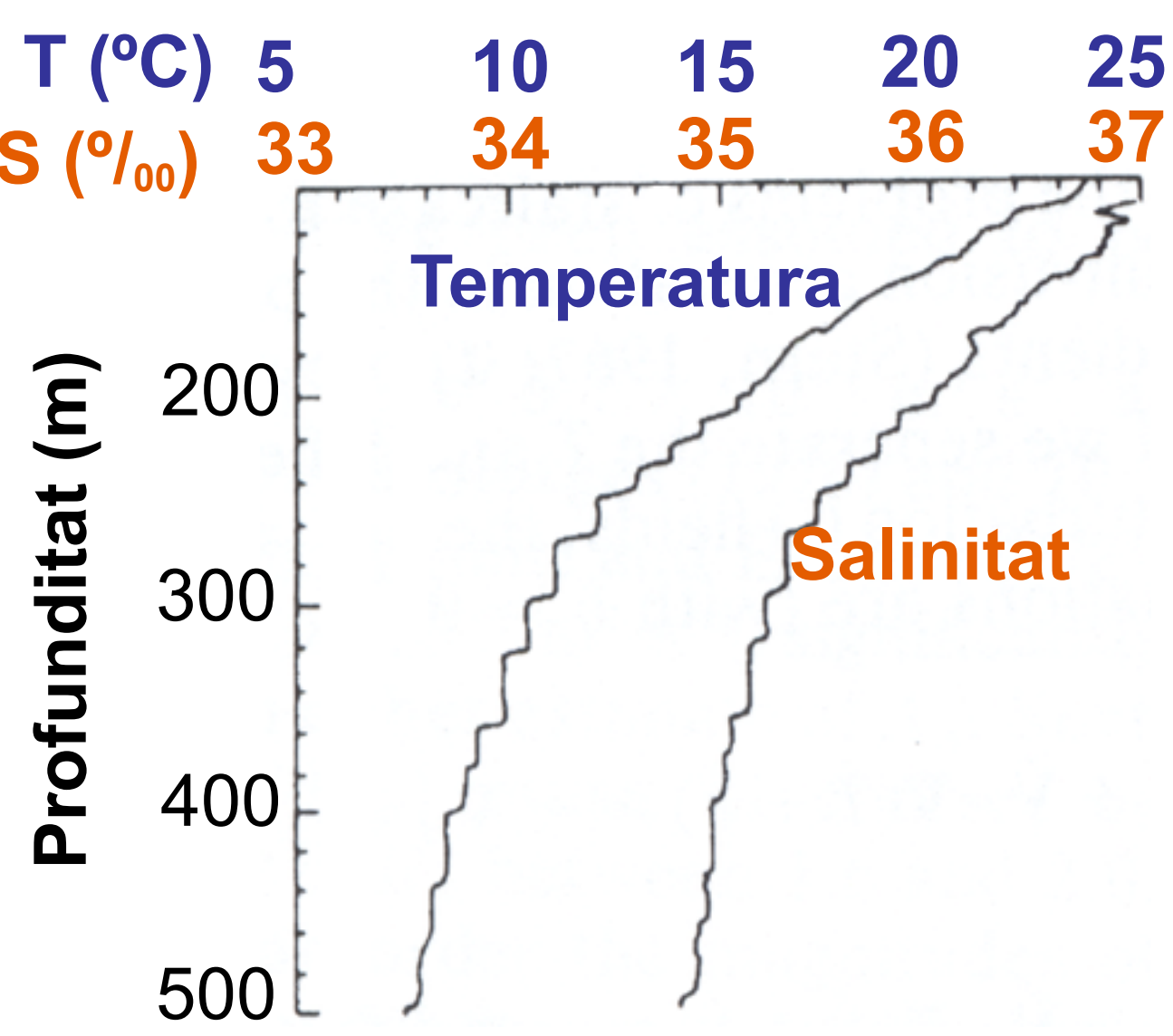
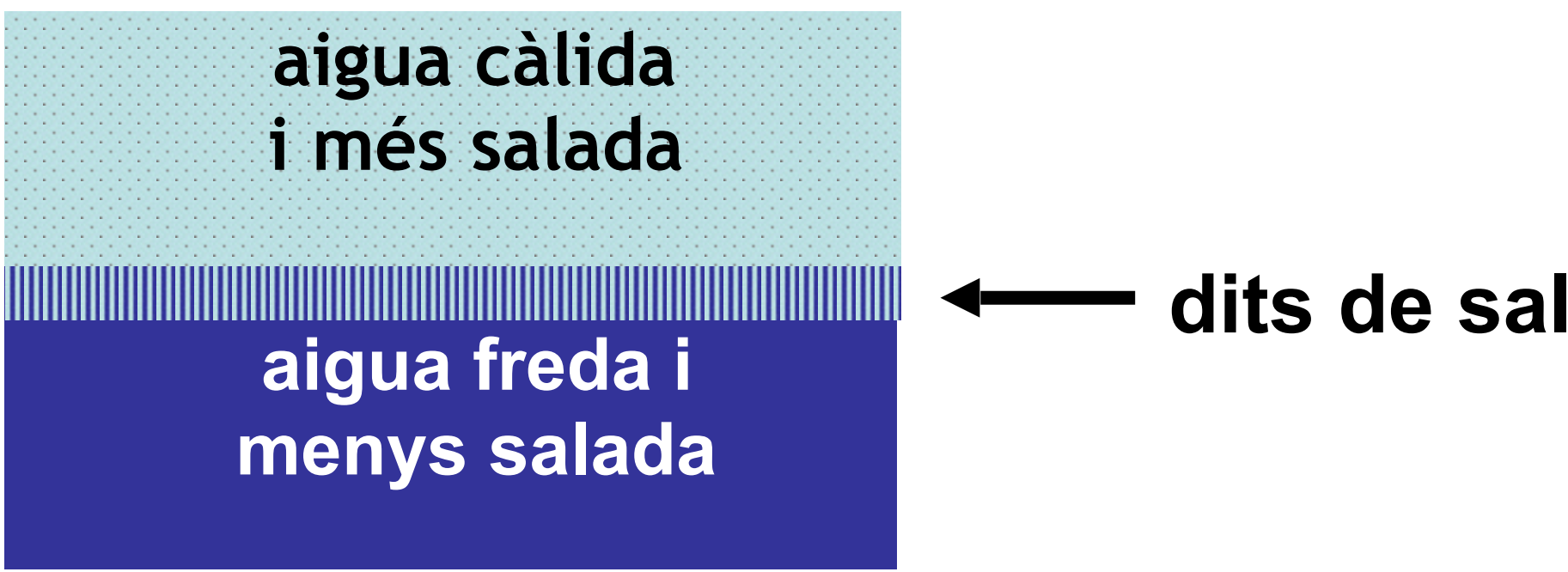


**A la superfície de l'oceà** una de les fonts de fenòmens de petita escala és el vent. Quant aquest bufa sobre la superfície del mar es generen onades, ones internes a la termoclina, cel·les de Langmuir...

Caracteritzats per una turbulència molt activa (moviment desordenat i caòtic), produeixen una barreja vertical molt intensa jugant un paper essencial com a reguladors de les transferències entre l'atmosfera i l'oceà.

**I A L'INTERIOR DE L'OCEÀ...  
TAMBÉ HI HA BARREJA?**  
En algunes regions de l'oceà, a majors profunditats, trobem els dits de sal. Formen capes d'uns 3m de grossor i generen fluxos verticals de temperatura i salinitat.

Es formen en regions on tenim:



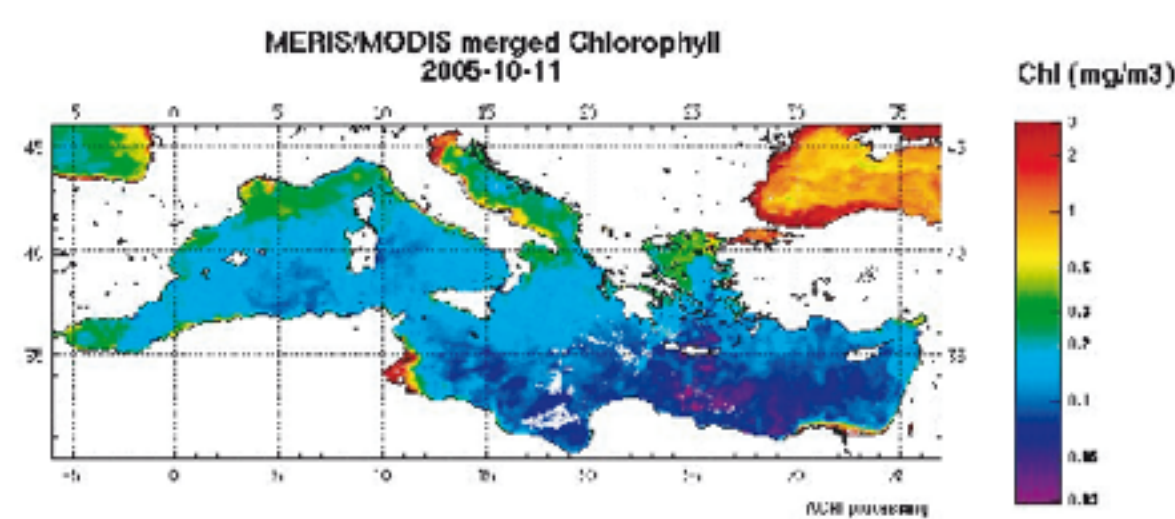
Quan mesurem amb el CTD en una regió on hi han dits de sal, els perfils de temperatura i salinitat formen una mena d'esglaons

Cada cop que et prens un cafè amb llet, estàs observant líquids barrejant-se de forma turbulenta...





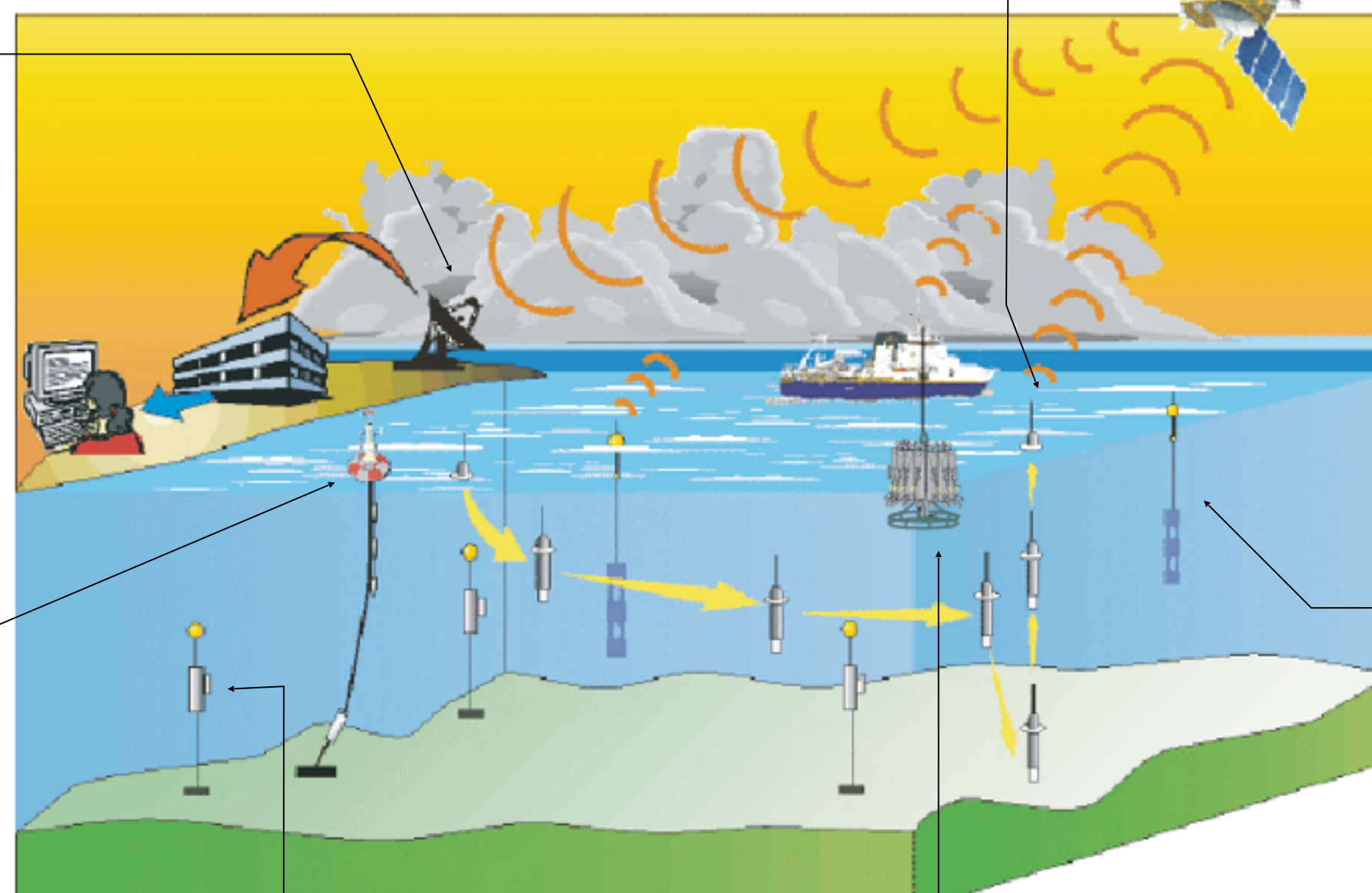
# LLAVORS...COM HO FEM?



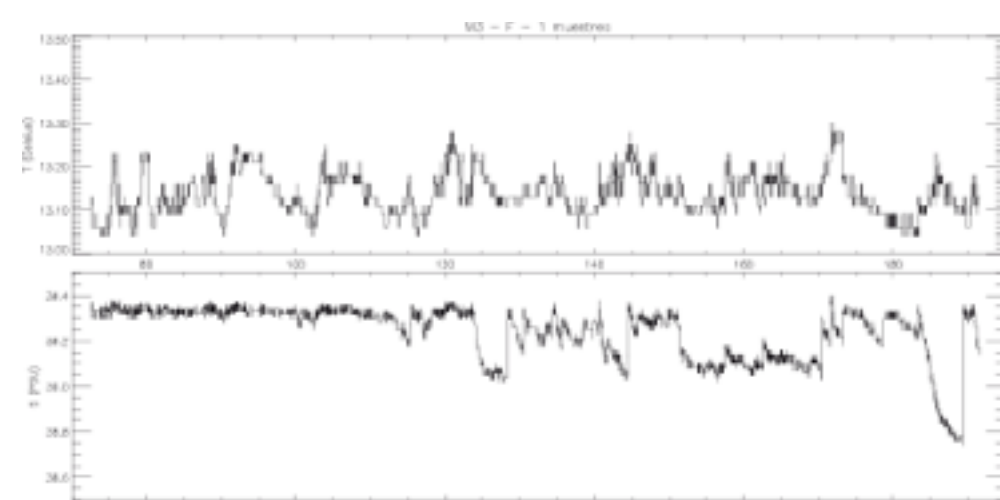
La antena situada al terra de l'Institut rep informació dels satèl·lits, i amb aquestes dades els científics podem construir mapes



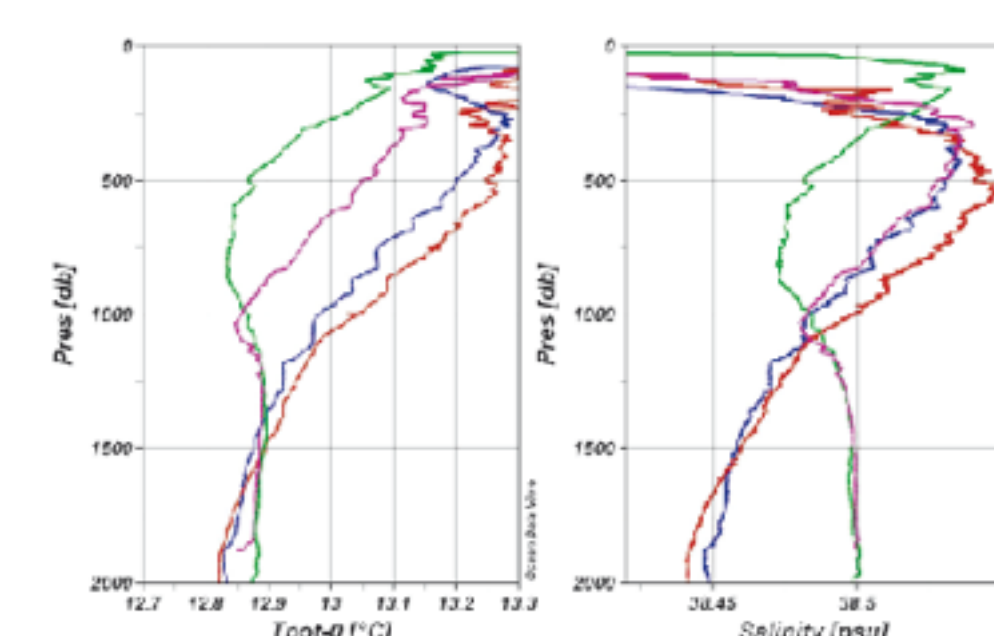
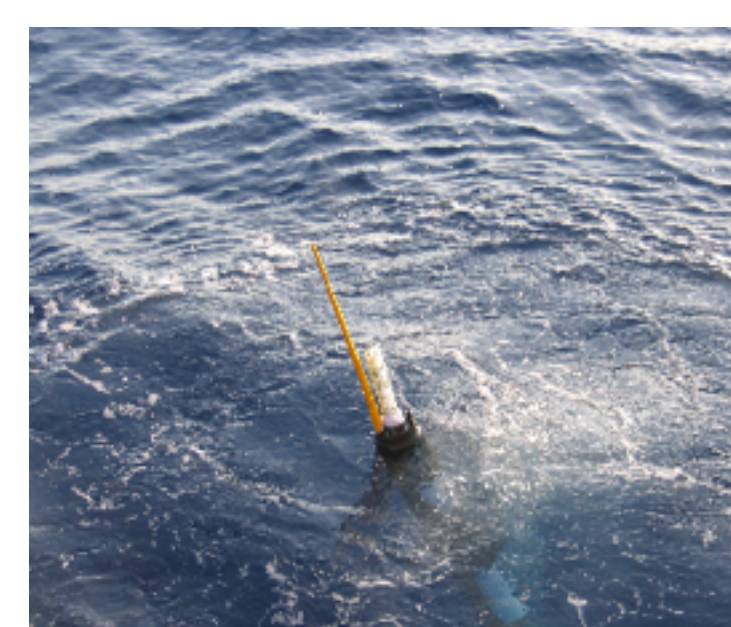
Aquest tipus d'anclatge permet mesurar paràmetres just a la superfície



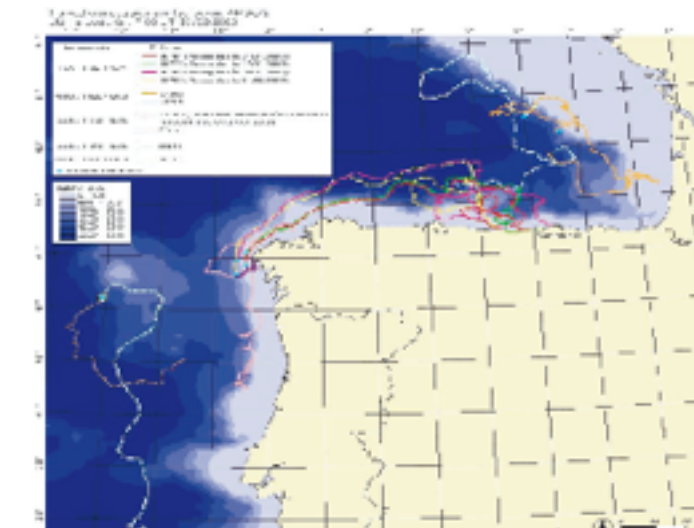
Un anclatge ens permet obtenir l'evolució en el temps de paràmetres com corrents, temperatura o salinitat. Les dades s'obtenen al recuperar l'anclatge



Boia ARGO: Es desplaça a 1000m seguint els corrents. Cada 10 dies baixa a 2000m i puja fins la superfície mentre fa un perfil, transmet les dades al satèl·lit i torna a baixar a 1000m



Boia de deriva: es mou seguint les corrents i transmet la seva posició per satèl·lit



La roseta ens permet agafar mostres d'aigua a diferents profunditats i analitzar al vaixell el seu contingut bioquímic



## CAMPANYES OCEANOGRÀFIQUES



Aquesta **roseta** amb 24 botelles ens permet recollir aigua a diferents profunditats per analitzar posteriorment el seu contingut (oxigen dissolt, nutrients, etc.)

**Passos per a col·locar un anclatge:**



**1)** Organització a coberta de tots els aparells, flotadors i cables necessaris.



**2-3)** Llançament a l'aigua dels elements, començant sempre pels de la part superior.



**4)** Llançament del pes mort que farà enfonsar l'anclatge i, amb l'ajuda dels flotadors, es mantindrà en vertical.

Més informació a:  
<http://www.icm.csic.es/icmdivulga>

## INSTRUMENTS DE TREBALL

### Boia.

Ens permet mantenir en la vertical els nostres aparells de mesura.

### Perfiladors de corrents ADCP

(Acoustic Doppler Current Profiler). Mesura la velocitat i direcció de les corrents en la columna d'aigua utilitzant senyals de so.

### CTD

(Conductivity Temperature and Depth). Mesura la conductivitat elèctrica (amb la que obtenim la salinitat), la temperatura i la pressió de l'aigua.

### Flotadors.

Mantenen l'anclatge vertical i faciliten la seva recuperació al final del mostreig.

### Correntímetre.

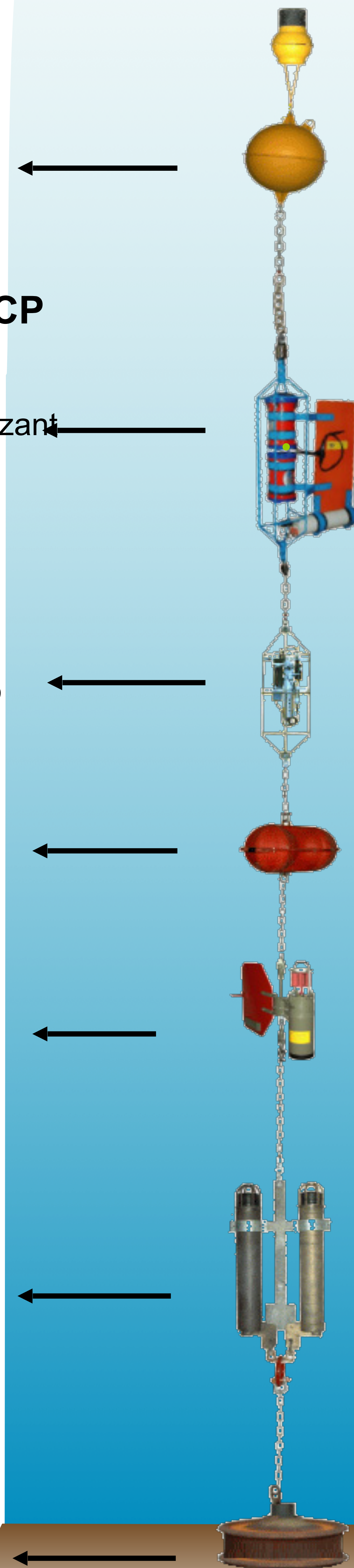
Mesura la velocitat de les corrents i determina la seva direcció.

### Alliberador acústic.

Es desenganxa del pes mort quan rep una senyal de so, permetent la recuperació dels instruments i les dades al final del mostreig.

### Anclatge o Pes mort.

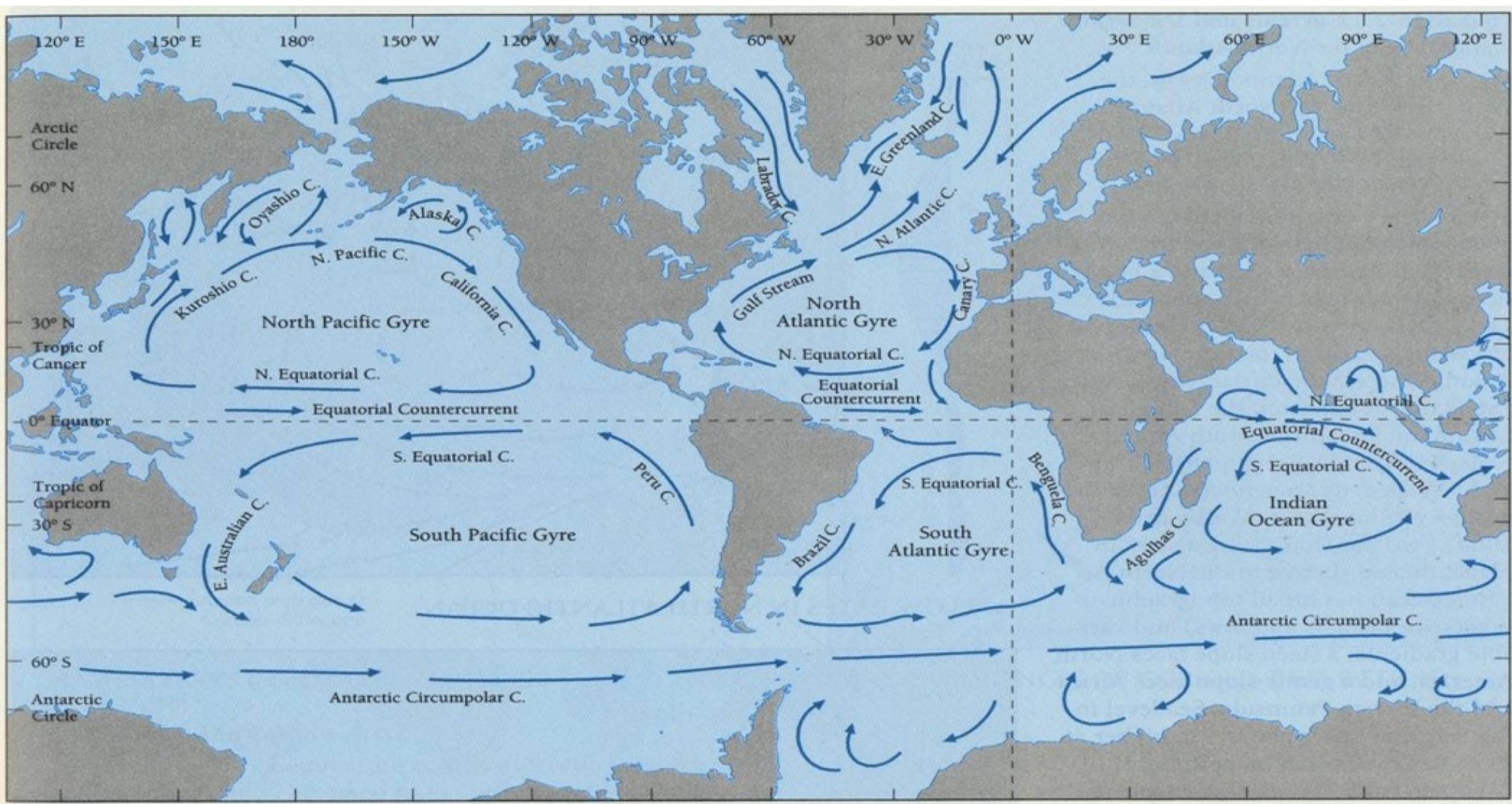
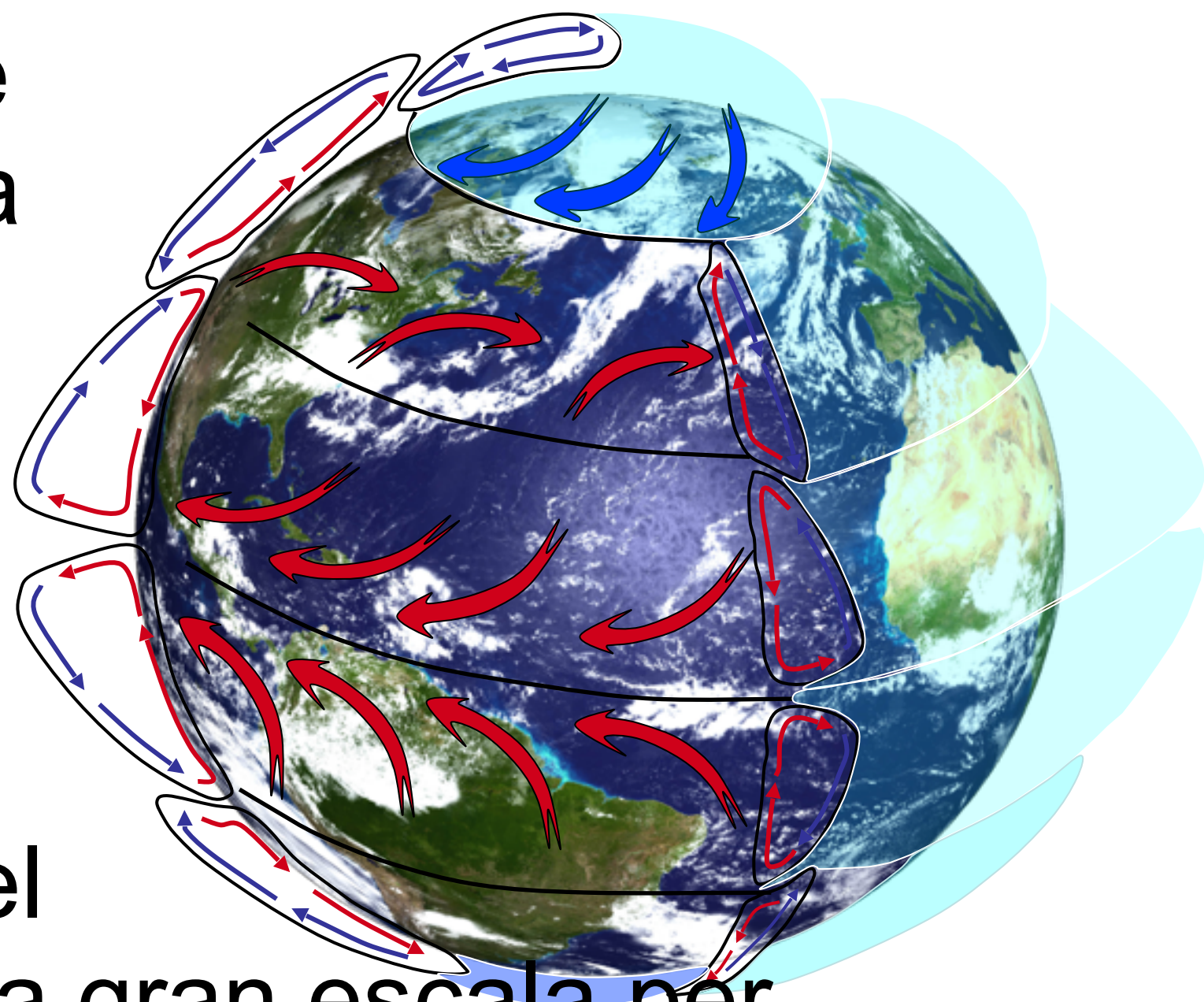
Manté la línia de fondeig fixada al fons. A sovint s'utilitzen rodes o vies de tren.





# LA CONVECCIÓ ALS OCEANS

El Sol, situat a 150 milions de quilòmetres de distància de la Terra, és el principal motor dels moviments a l'atmosfera i l'oceà. Com la Terra és rodona, l'equador rep més calor que els pols. Aquest **escalfament diferencial** és el responsable dels moviments a gran escala per transportar l'excés de calor de l'equador cap als pols. L'atmosfera i l'oceà es posen en moviment !.

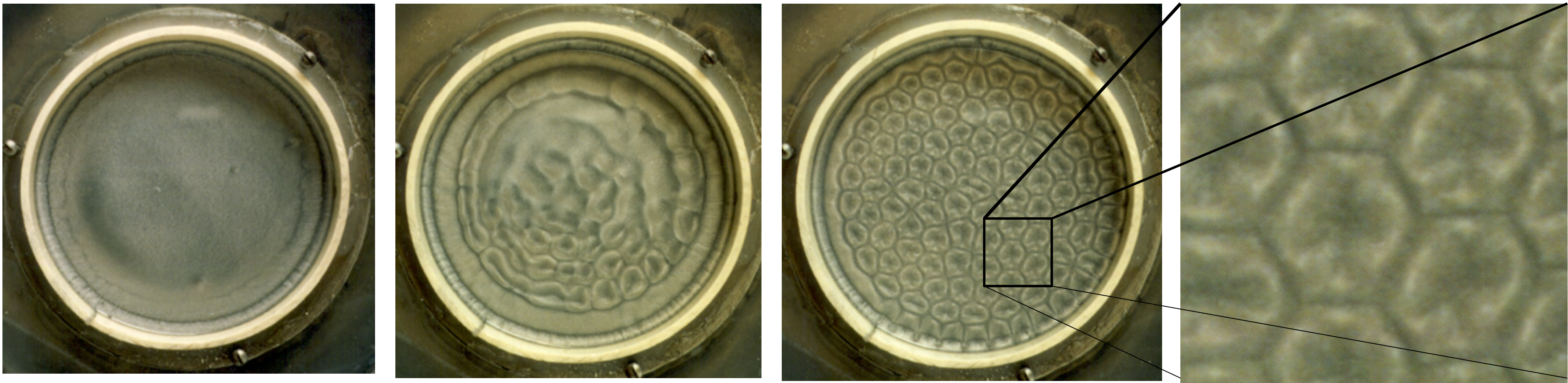
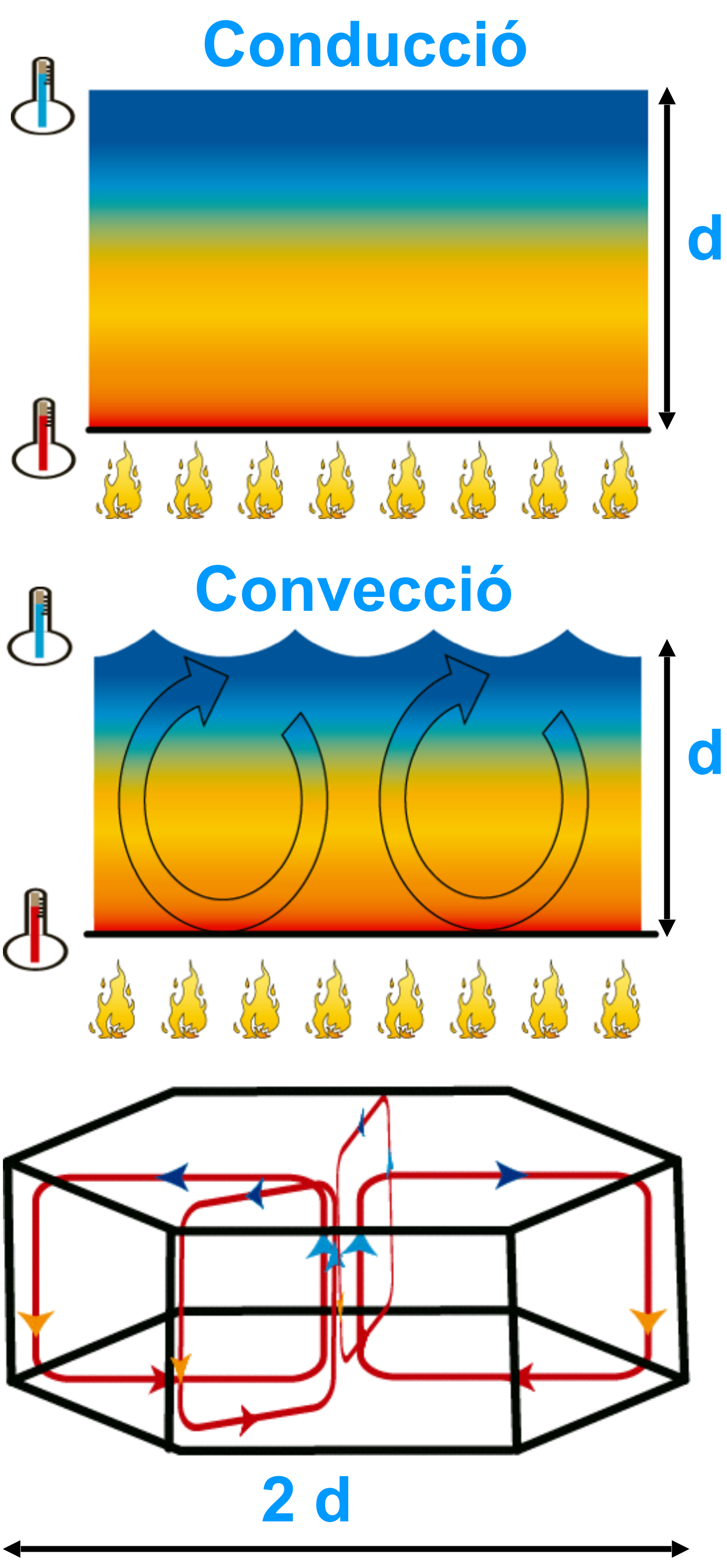


A l'oceà a més a més les diferències de **salinitat** i la presència dels continents també condicionen l'organització dels moviments en cel·les i girs a gran escala.

## Conducció versus Convecció

Quan s'escalfen per sota una capa de fluid de gruix **d**, apareix una diferència de temperatures. Si aquesta diferència de

temperatures no és massa gran llavors la calor es transmet per **conducció** sense que el fluid es mogui. Si augmentem la diferència de temperatures escalfant més o refredant la capa superior, llavors el fluid comença a moure's formant cel·les de **convecció** per transportar més eficientment la calor.



Tot però, és més subtil. Per una tria de paràmetres adequada el moviment de convecció es fa de forma molt ordenada, segons el valor del **nombre de Rayleigh (Ra)**: (**g**=gravetat, **α**=coef. de dilatació tèrmica, **d**=gruix, **ΔT**=diferència de temperatures, **ν**=viscositat, **κ**= conductivitat tèrmica). En un experiment, si aquest nombre excedeix el valor de 1708 llavors comença la **convecció**. Aquesta es produeix formant-se cel·les de forma quadrades, hexagonals, etc., anomenades **cel·les de Benard**. El fluid ascendeix pel centre de les cel·les refredant-se i descendeix pel costats calentant-se de nou.

$$Ra = \frac{g \alpha \Delta T d^3}{\kappa \nu}$$

En un sentit estricte per **convecció** s'entén el moviment vertical produït per fenòmens com els que donen lloc a les cel·les de Benard, on bàsicament el fluid més dens (per diferència de temperatura) té una tendència a situar-se sota el fluid menys dens degut a la gravetat terrestre.



Un exemple d'això a escales petites ho trobem quan comença l'hivern a l'oceà Antàrtic. Els vents refreden la capa més superficial de l'aigua que es torna més densa, pesa

més i s'enfonsa; l'aigua per sota és més càlida, pesa menys i ascendeix generant-se cel·les de convecció.

Les cel·les convectives es poden visualitzar en la superfície perquè aquesta es congela formant

una mena de galetes.

Les galetes van augmentant de tamany fins que acaben unint-se per formar una capa de gel uniforme: la **banquisa**.