

# SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity)

## La missió de l'ESA sobre el cicle de l'aigua

**Jordi Font**

SMOS Co-Lead Investigator for Salinity  
Institut de Ciències del Mar CMIMA-CSIC, Barcelona  
[jfont@icm.csic.es](mailto:jfont@icm.csic.es)



VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA



**IEEC**



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA



INSTITUTO  
ESPAÑOL DE  
OCEANOGRAFÍA



CONFEDERACIÓ  
HIDROGRÀFICA  
DEL JÚCAR



Indra



GMV



# SMOS: Soil Moisture Ocean Salinity



SMOS forma part de les Earth Explorer Opportunity Missions de l'ESA, dins el seu programa Living Planet.



Aquestes missions tenen per objectiu:

- Demostrar noves tècniques d'observació de la Terra.
- Proporcionar noves dades a la comunitat científica.
- Missions petites i flexibles, amb participació de terceres parts (altres agències espacials)

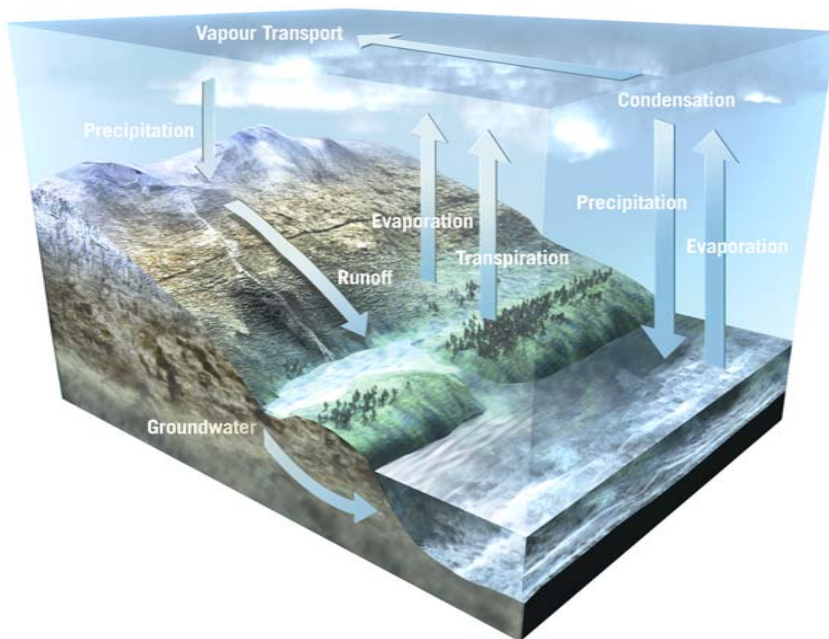
## **Humitat del sòl i salinitat oceànica:**

- Dues variables fonamentals per a l'estudi del cicle de l'aigua i la variabilitat del clima a la Terra
- Migrada cobertura de dades a nivell global
- Cap missió espacial dedicada fins ara per la complexitat tecnològica

***Objetius científics:* augmentar el coneixement sobre la component oceànica del cicle de l'aigua, la circulació a gran escala, i el paper de l'oceà en el sistema climàtic**

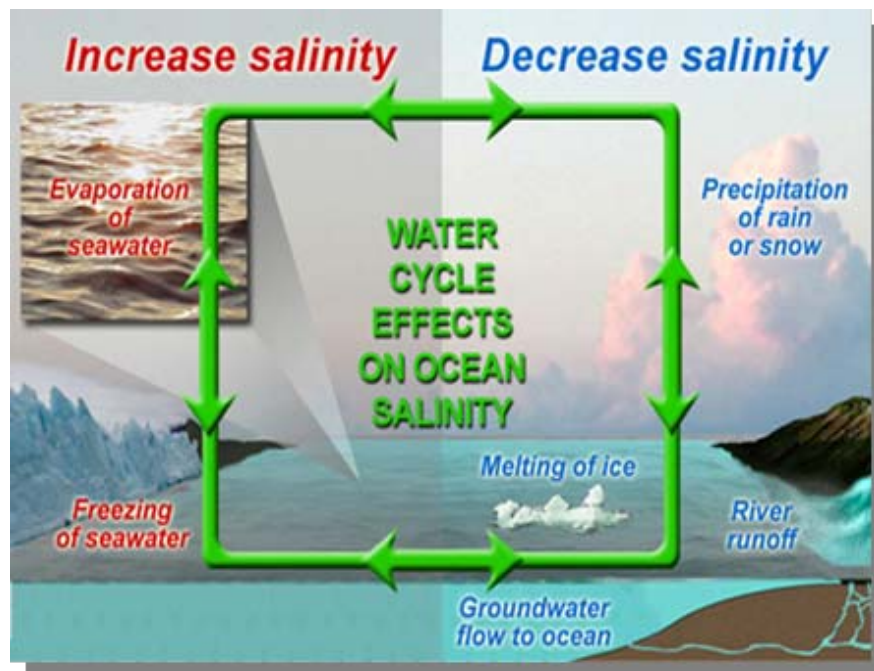
**¿Per què volem mesurar la salinitat superficial de l'oceà amb la missió SMOS?**

# Component oceànica del cicle de l'aigua



A la Terra hi ha molt més oceà que continent:

86% de l'evaporació,  
78% de la precipitació





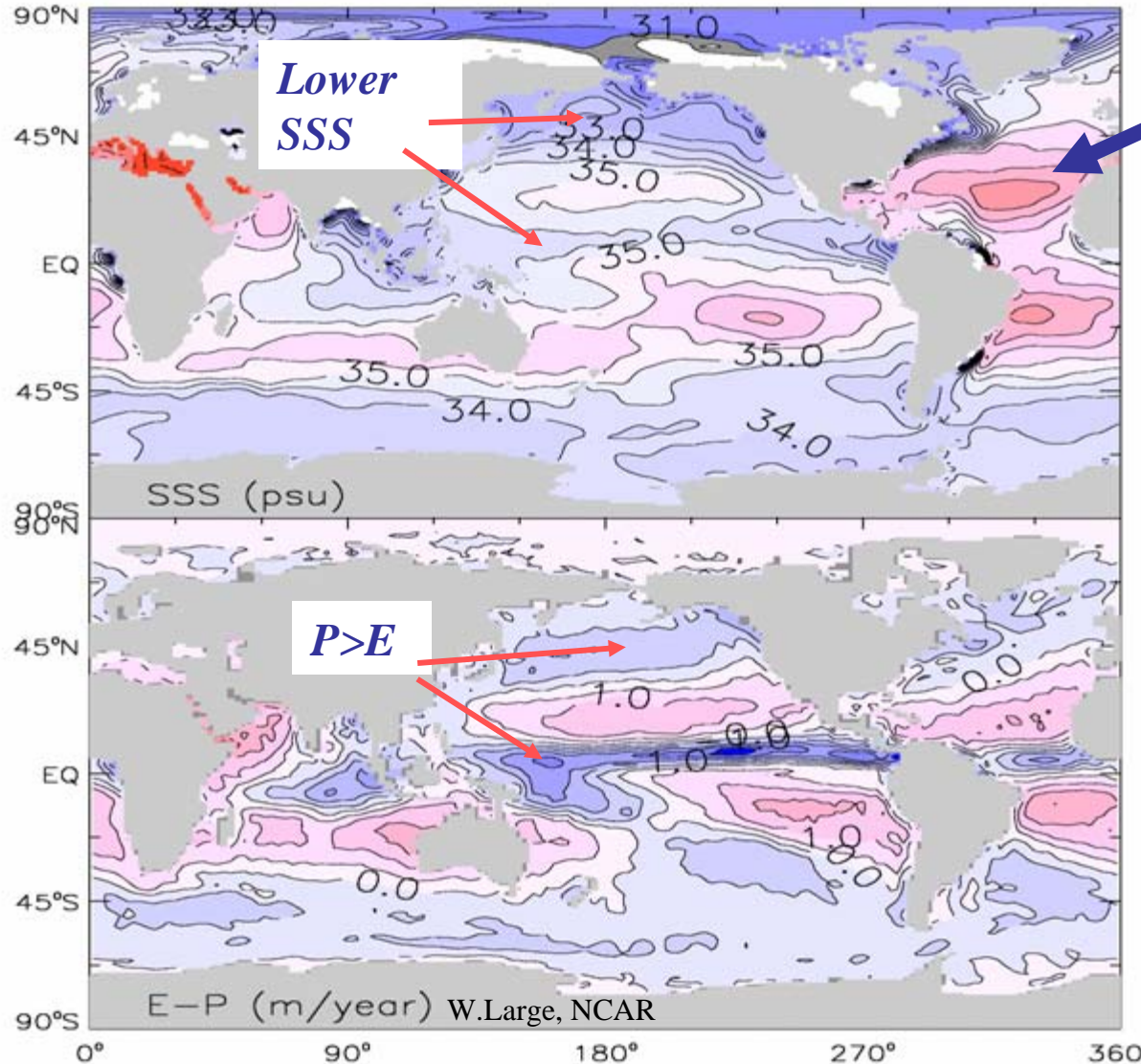
# Component oceànica del cicle de l'aigua

La salinitat relaciona les variacions climàtiques del cicle de l'aigua global amb la circulació oceànica:

- La salinitat és fonamental per determinar la densitat de l'aigua de mar, que és qui governa la circulació oceànica
- Les variacions de salinitat són degudes als fluxes d'aigua dolça a través de la precipitació, evaporació, descàrregues de rius, congelació d'aigua i fusió de gel

Observacions globals i continuades de salinitat poden utilitzar-se com registre de pluviositat sobre l'oceà

# Surface Salinity is Coupled to P-E



Highest open ocean SSS >37psu

Atlantic SSS exceeds the other major ocean basins, yet E-P magnitudes are similar between ocean basins

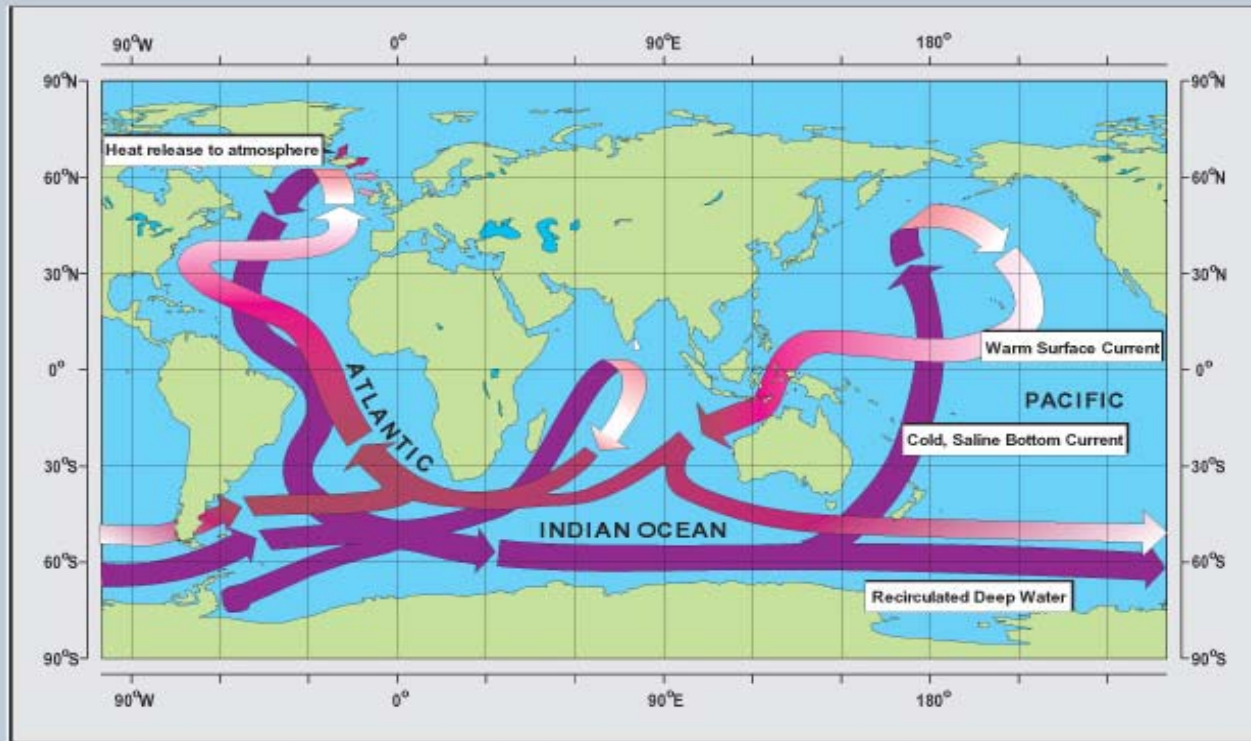
# Salinity and Ocean Circulation



The ocean conveyor is sustained by elevated salinity in the Atlantic

## The Atlantic Thermohaline Circulation

- A key Element of the Global Oceanic Circulation -



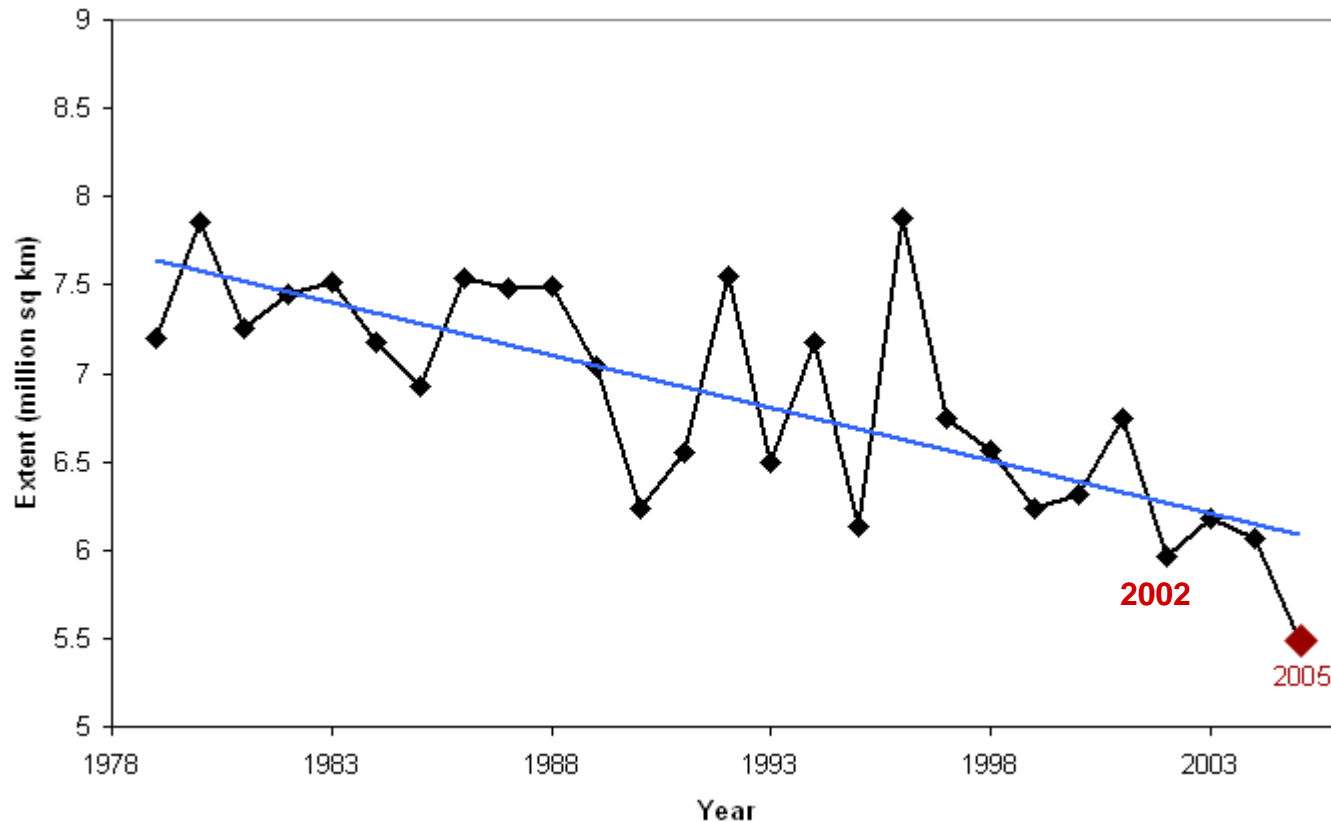
Schematic diagram of the global ocean circulation pathways, the 'conveyor' belt (after W. Broecker, modified by E. Maier-Reimer).

AV/D3/99-2

# Climate Trends in the Ocean and Water Cycle



***Declining late summer Arctic ice cover is about 7-8% per decade since 1978. 2005 is record minimum.***



[http://nsidc.org/news/press/20050928\\_trendscontinue.html](http://nsidc.org/news/press/20050928_trendscontinue.html)

Source: NSIDC



# Climate Trends in the Ocean and Water Cycle



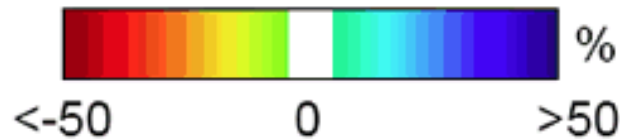
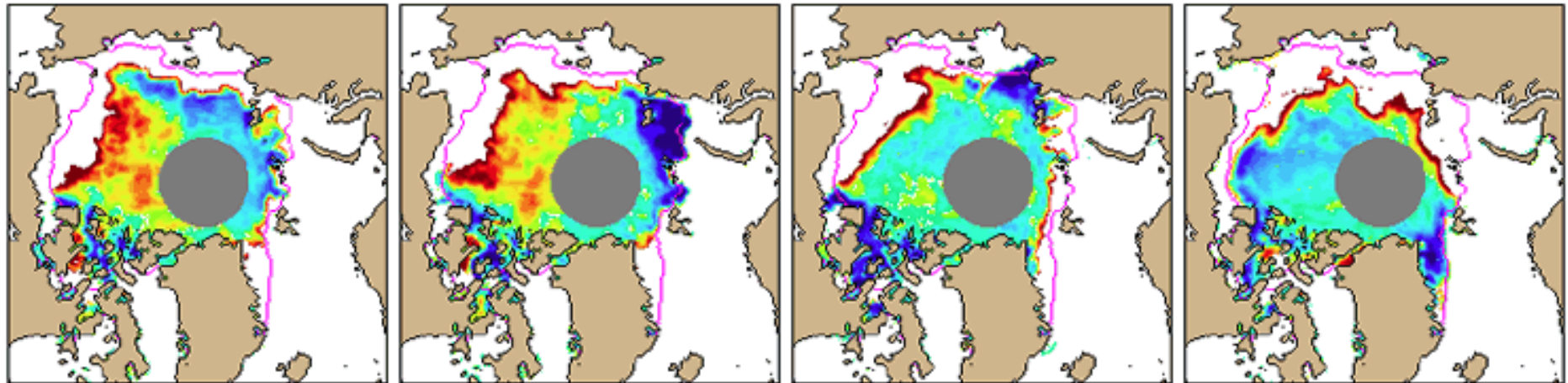
*September sea ice cover for the past four years is ~20% below the 1978-2000 mean.*

2002

2003

2004

2005



 1979-2000 Mean Minimum Sea Ice Edge

[http://nsidc.org/news/press/20050928\\_trendscontinue.html](http://nsidc.org/news/press/20050928_trendscontinue.html)

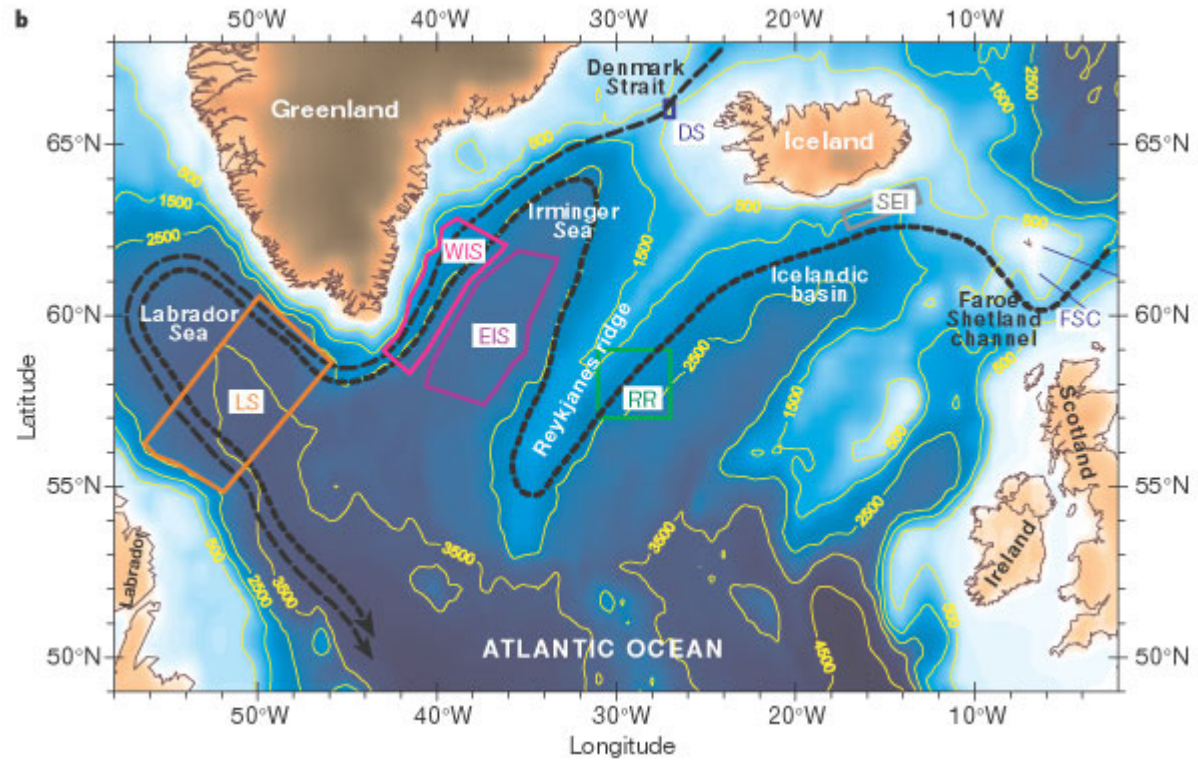
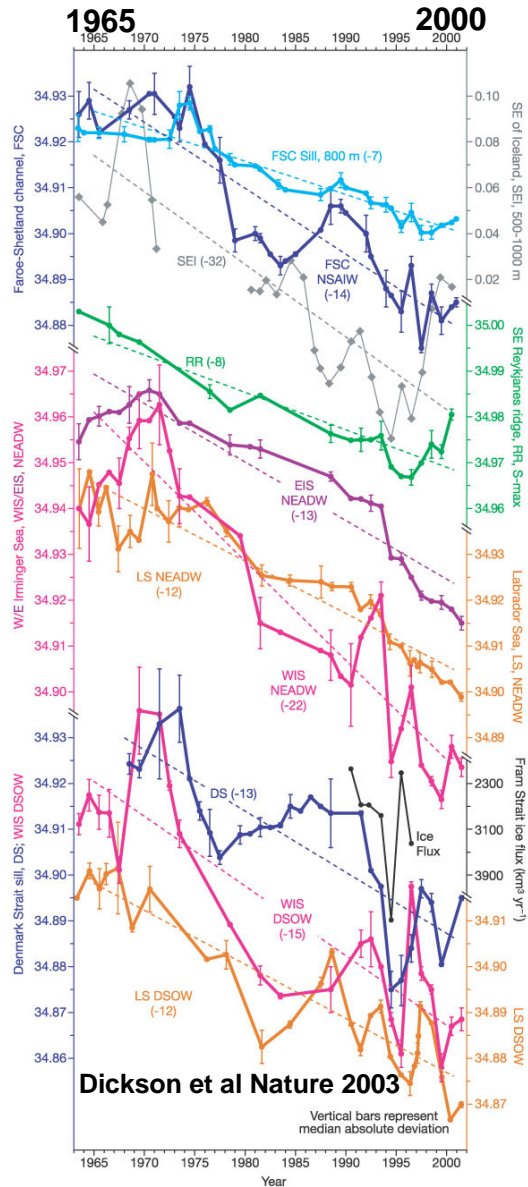
Source: NSIDC

# Ocean Salinity Climate Trends



## Large Scale Freshening in High Latitudes

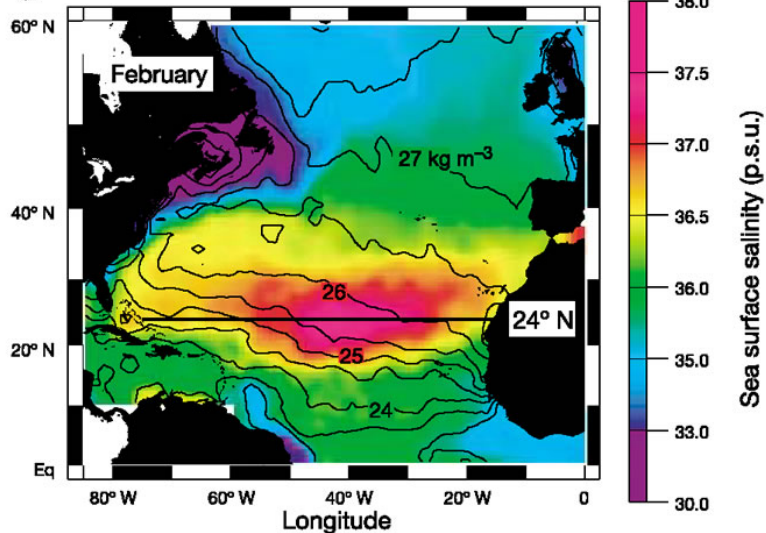
### North Atlantic



# Ocean Salinity Climate Trends

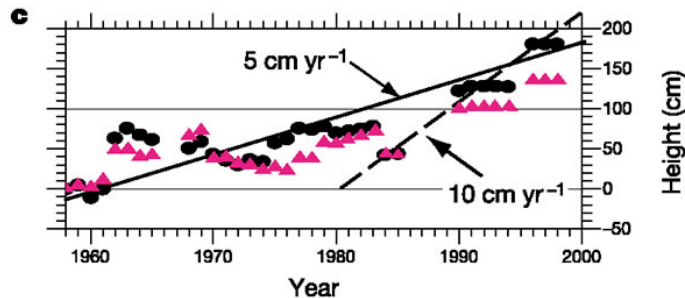
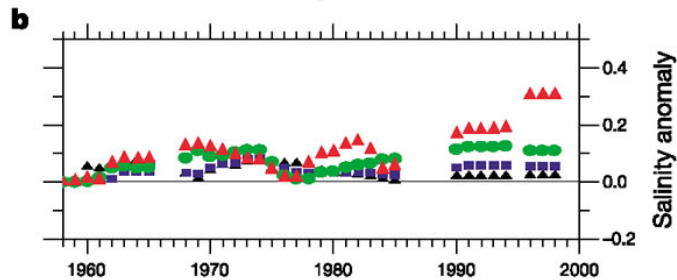


Curry et al, Nature 2003



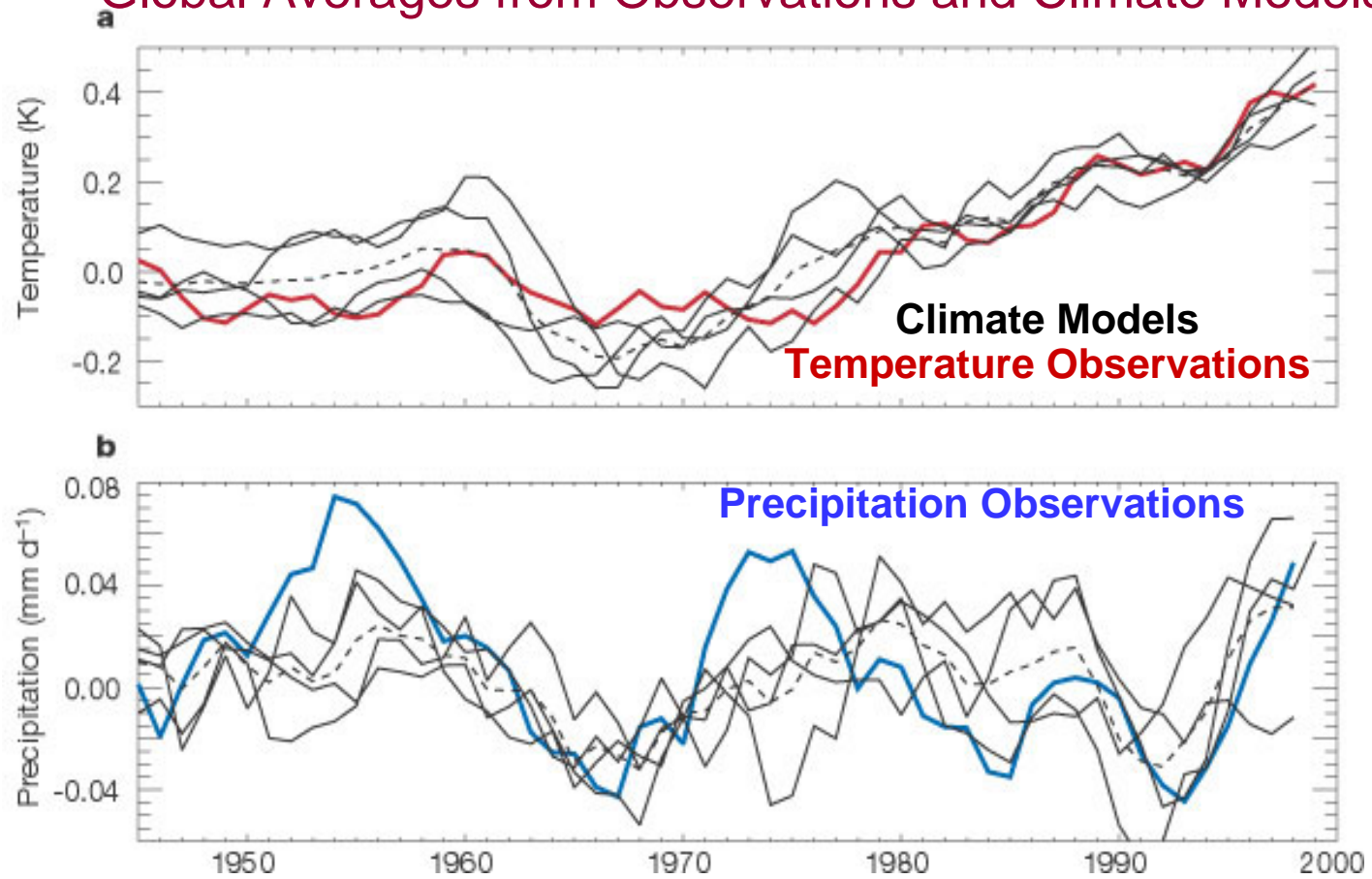
## Salinity Increasing in the Sub Tropics

Curry et al, Nature 2003 resolved multi decade salinity trends representing 5-10 cm/yr increasing net E-P in the tropical Atlantic



# Is the Global Water Cycle Changing?

## Global Averages from Observations and Climate Models

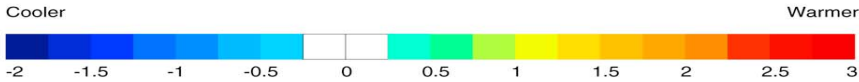
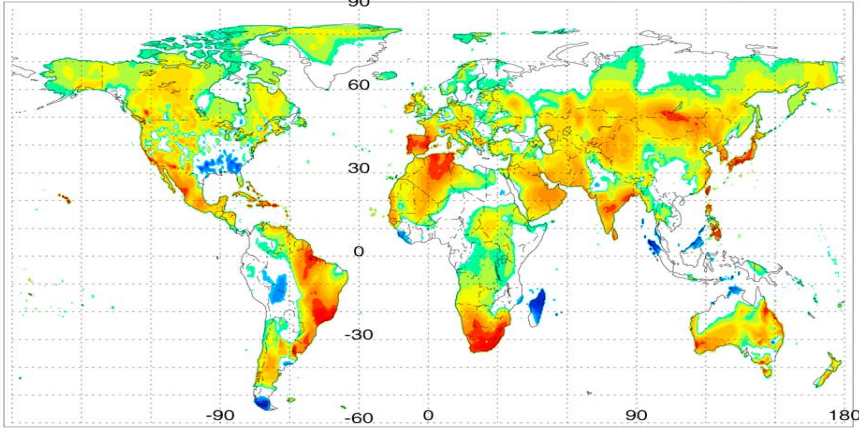


Global average precipitation trends are not evident in most data analyses and IPCC models

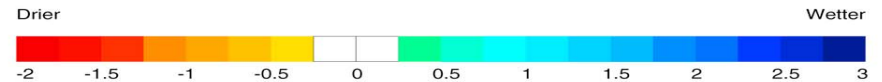
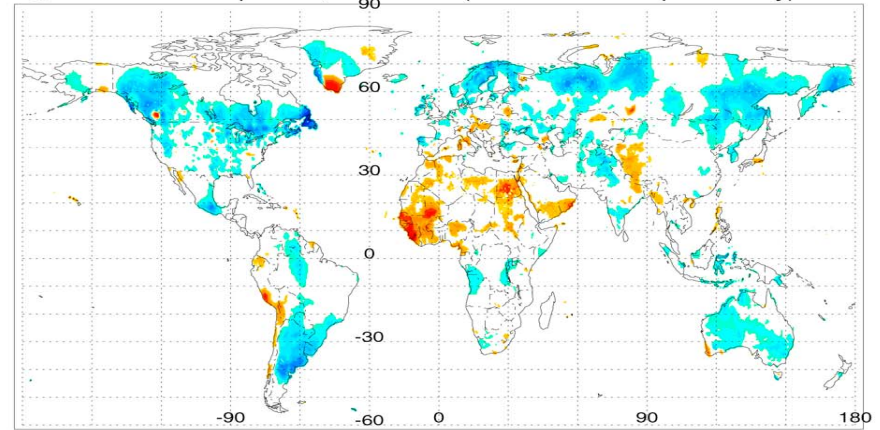
# Is the Global Water Cycle Changing?



**a** Trend in SAT, 1901-2000 (normalized units per century)

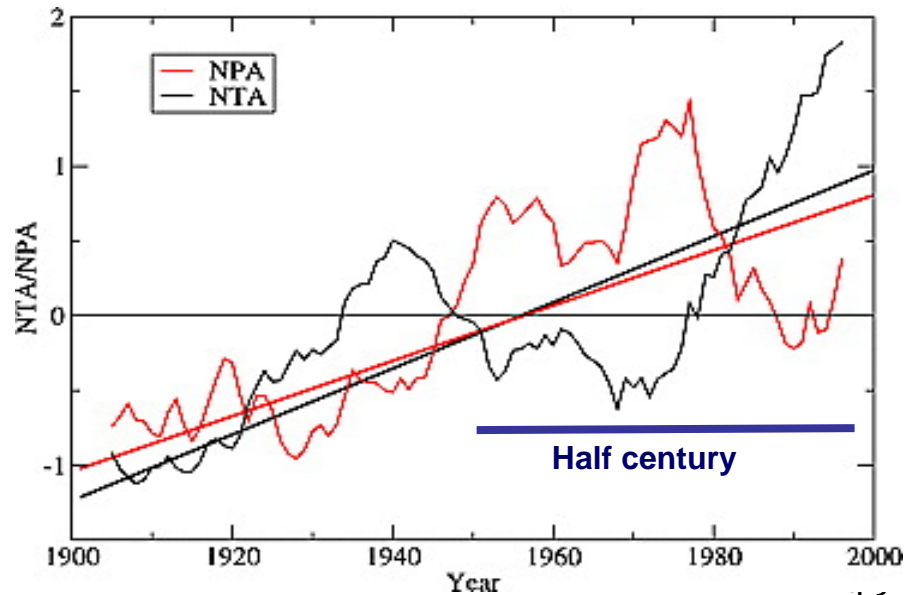


**b** Trend in Precipitation, 1901-2000 (normalized units per century)



**A recent study finds significant land precipitation trends and correlations with surface temperature anomalies over the past century.**

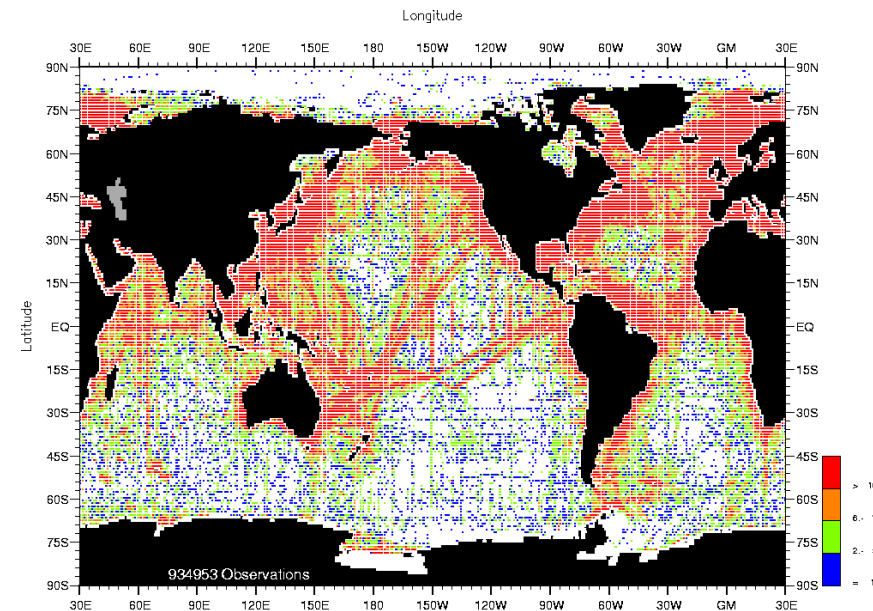
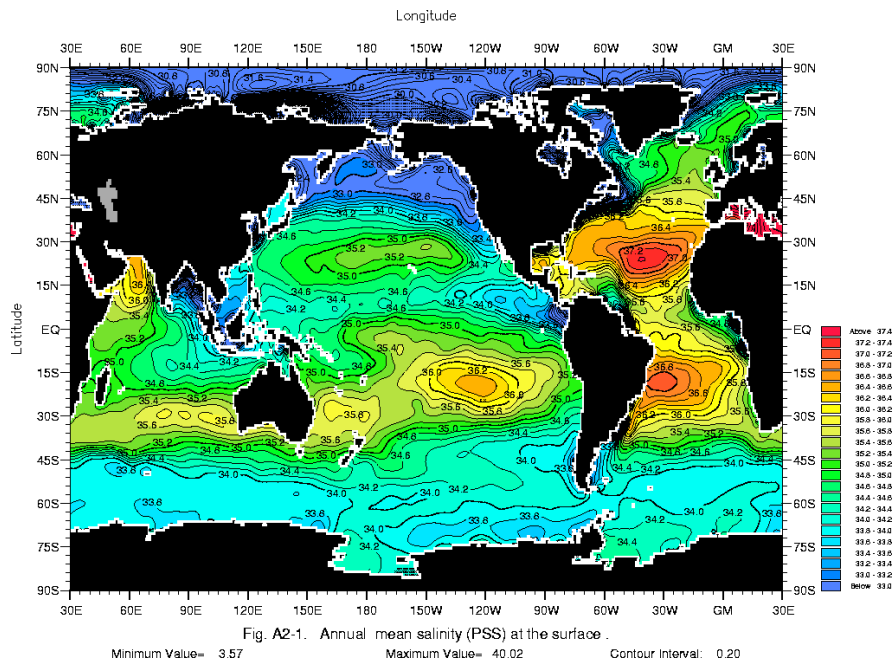
Déry and Wood, *Geophys. Res. Lett.*, 32, 2005



# Coneixement actual de SSS

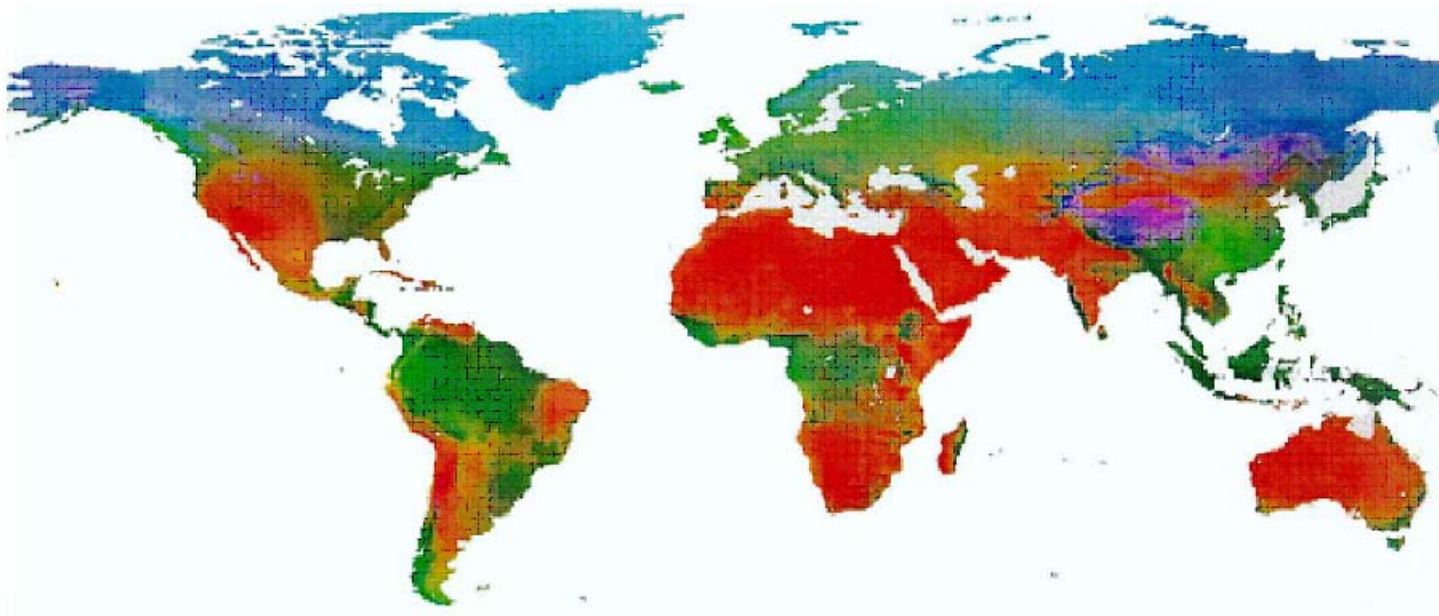
Els models de circulació oceànica assimilen dades de temperatura i nivell del mar, però **només poden utilitzar relaxació a valors climatològics de salinitat**

¿D'on surt la climatologia?  
Dades recollides en més de 100 anys en caixes de 1° x 1°

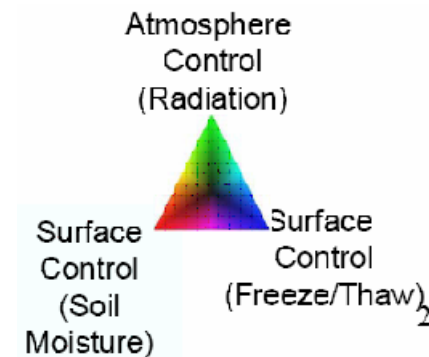


Mitjana anual de la distribució de SSS (Levitus, 1998)

# Humitat del sòl



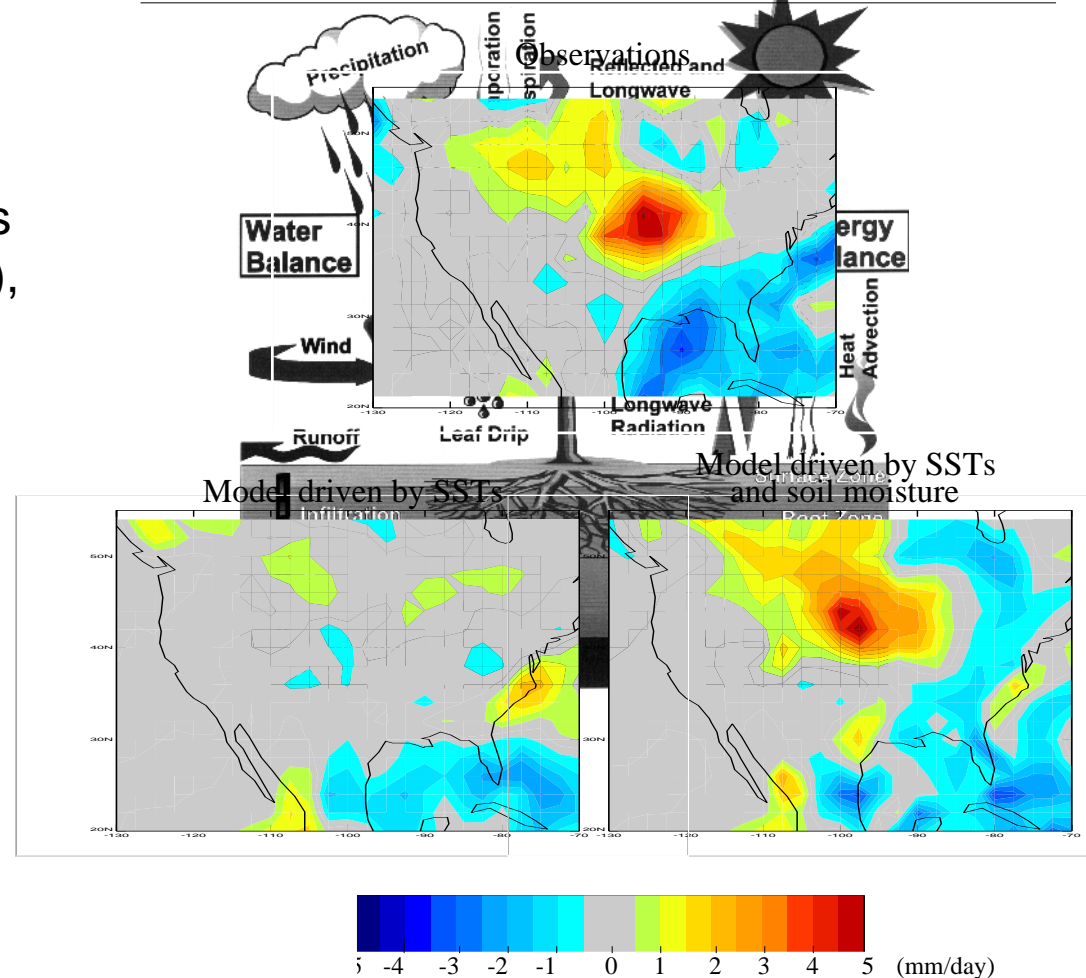
Principals factors en el control dels fluxes d'aigua, energia i carboni sobre els continents



# Humitat del sòl

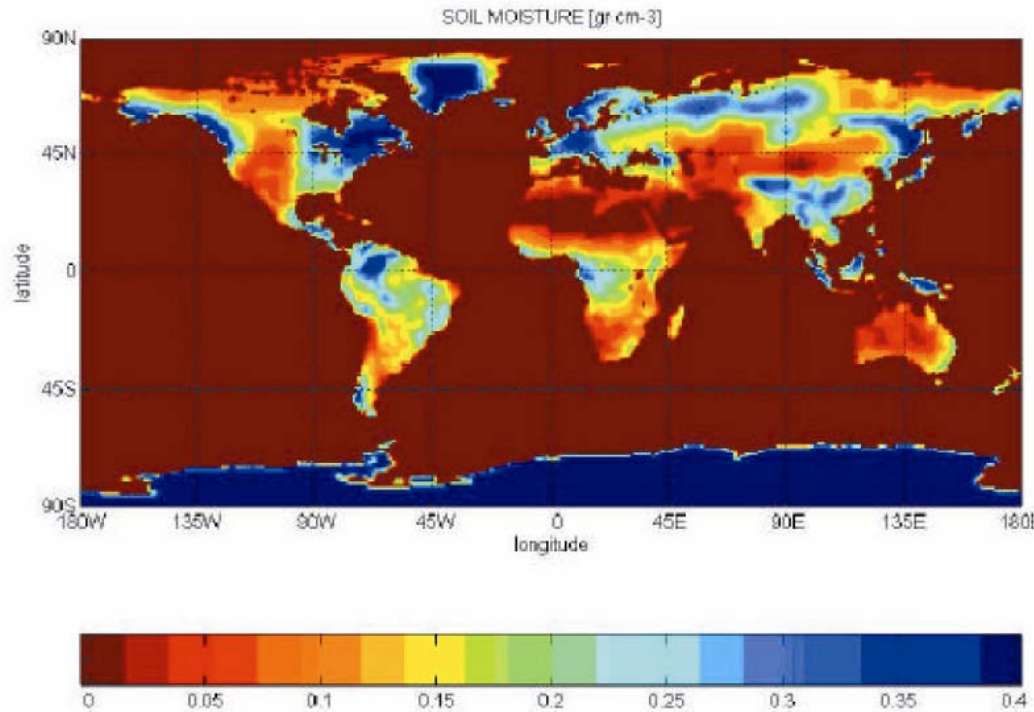
- Role of Soil moisture in surface atmosphere interactions:
  - storage of water (surface and root zone), water uptake by vegetation (root zone), fluxes at the interface (evaporation), influence on run-off
- Implies relevance for
  - Weather Forecasts
  - Climatic studies
  - Water resources
  - crop management
  - Forecast of extreme events
- Climate change predictions and rain event forecasts requires SST and SM

SUMMER 1993 RAINFALL MINUS SUMMER 1988 RAINFALL



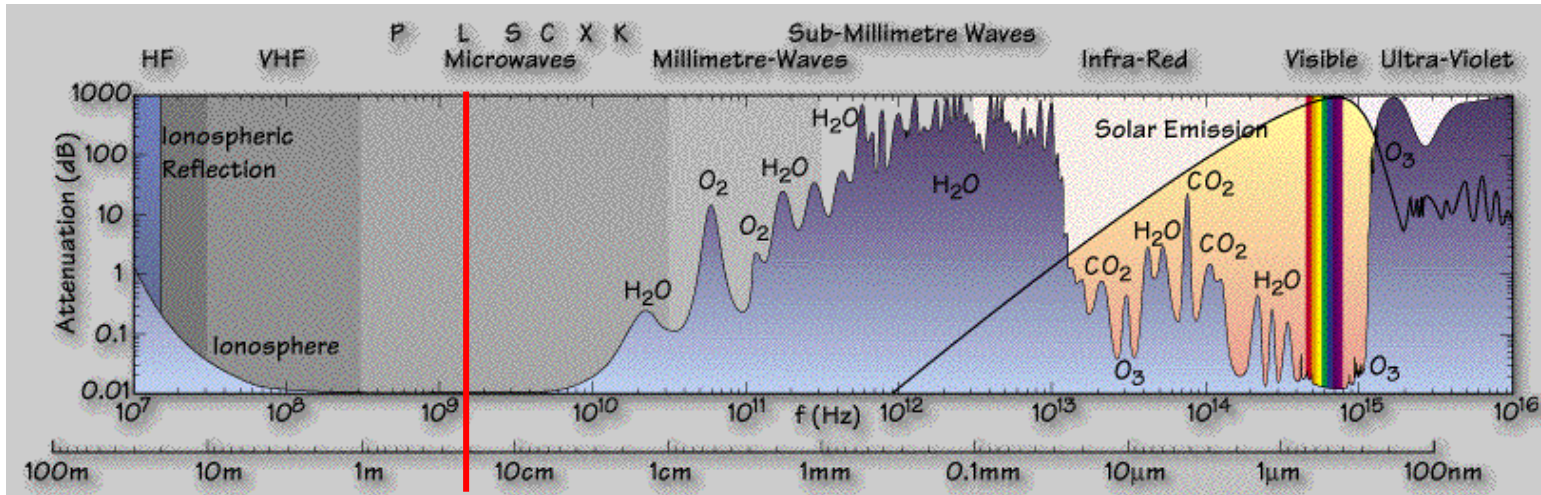


## Insuficient cobertura global



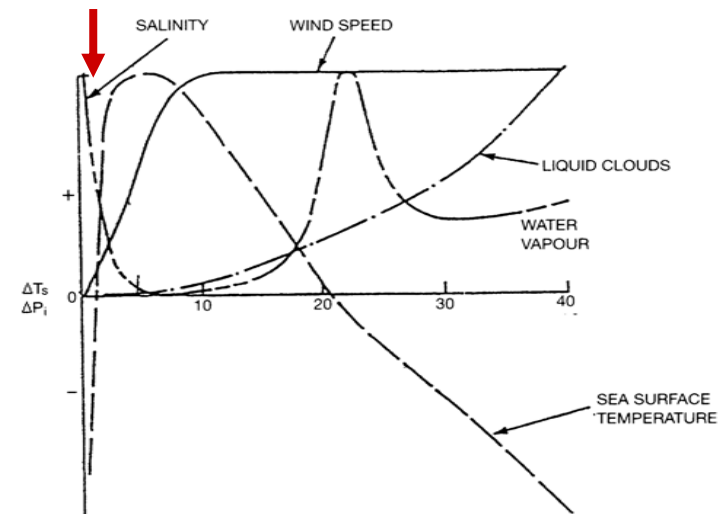
La **gran variabilitat** espacio-temporal dels cicles de calor i aigua sobre els continents **no està suficientement descrita**

# Com mesurar salinitat i humitat des de l'espai?



## Microones

- Atmosfera pràcticament transparent
- 1.4 GHz banda protegida d'emissions
- Adequada/suficient sensitivitat a SM i OS

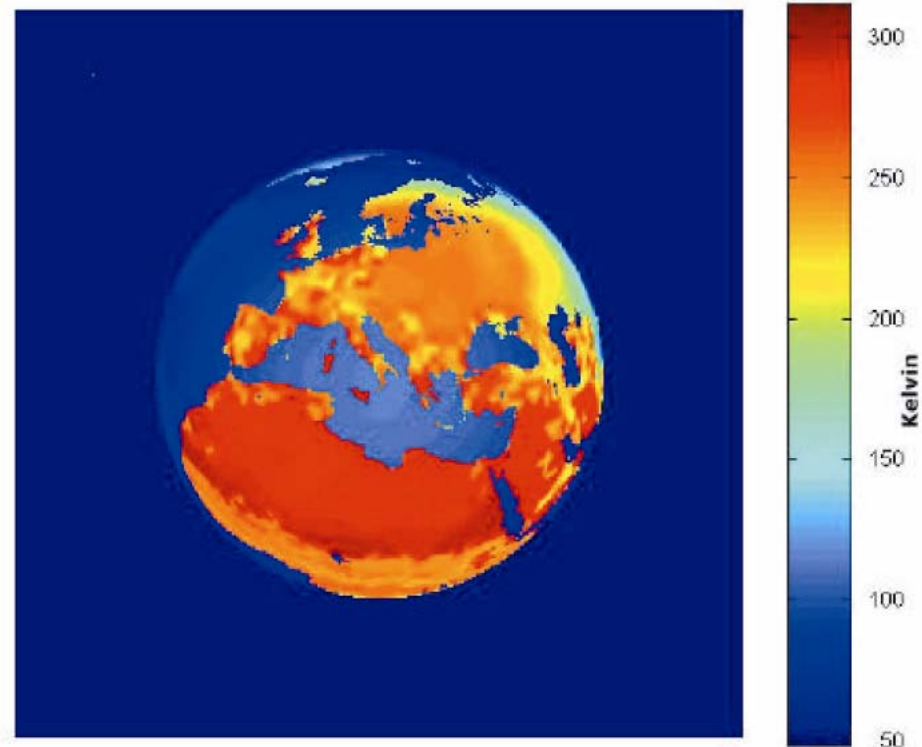


# Com mesurar salinitat i humitat des de l'espai?

$T_b$  funció de:

- Temperatura física
- Propietats elèctriques del medi
- Freqüència d'emissió
- Geometria d'observació
- Polarització del senyal

Distribució global de temperatura de brillantor (temperatura física modificada per l'emissivitat del medi) generada pel simulador de la UPC a partir de dades físiques  
*[A. Camps et al.]*



# La missió SMOS



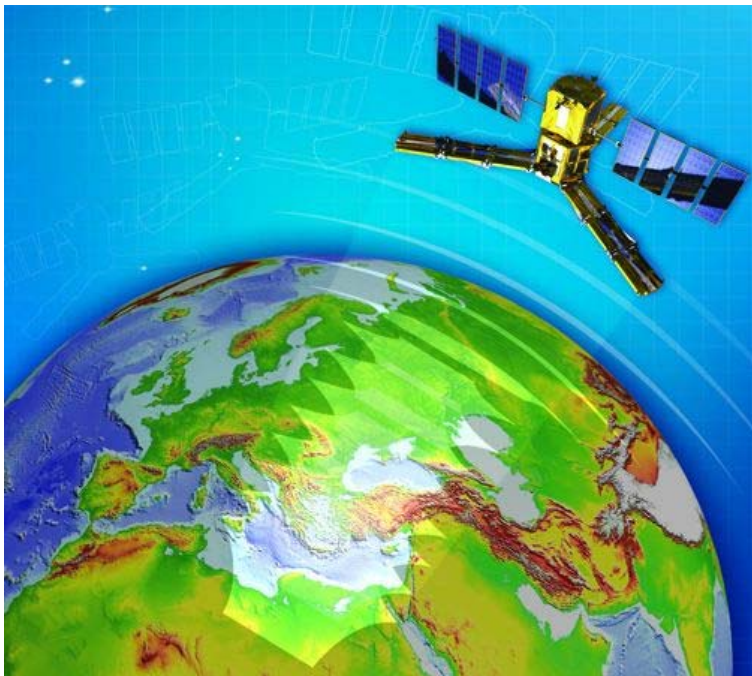
- **Necessitat** de camps d'humitat del sòl i salinitat superficial de l'oceà en estudis climàtics
- Només **radiometria en microones** (banda L) adequada per a teledetecció
- Sistemes d'apertura real poc adequats: necessitat d'**antena sintètica**
- **SMOS** (Soil Moisture and Ocean Salinity) segona missió d'oportunitat Earth Explorer de l'ESA
- Un projecte **ESA/França/Espanya** seleccionat el 1999, aprovat el 2000 amb llançament la primavera del 2008
- Una **nova tècnica** (interferometria 2D) per a proporcionar **mesures globals** des de l'espai **per primera vegada** de les dues **variables clau**
- Objectius:

## Humitat

- SM < 4%, 50 x 50 km<sup>2</sup>, T = 1 – 3 dies

## Salinitat

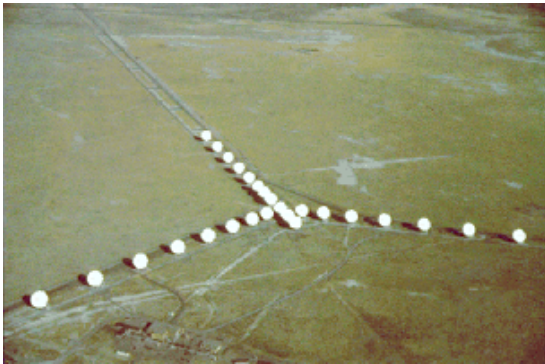
- OS < 1.2 psu, 50 x 50 km<sup>2</sup>
- OS < 0.1 psu, 100 x 100 km<sup>2</sup>, T= 30 dies



# SMOS/MIRAS



Radiòmetre interferomètric per síntesi d'apertura  
(mateix **concepte** que **radioastronomia** aplicat a **observació de la Terra**, aconseguint així una **més gran resolució espacial** que amb apertura real)

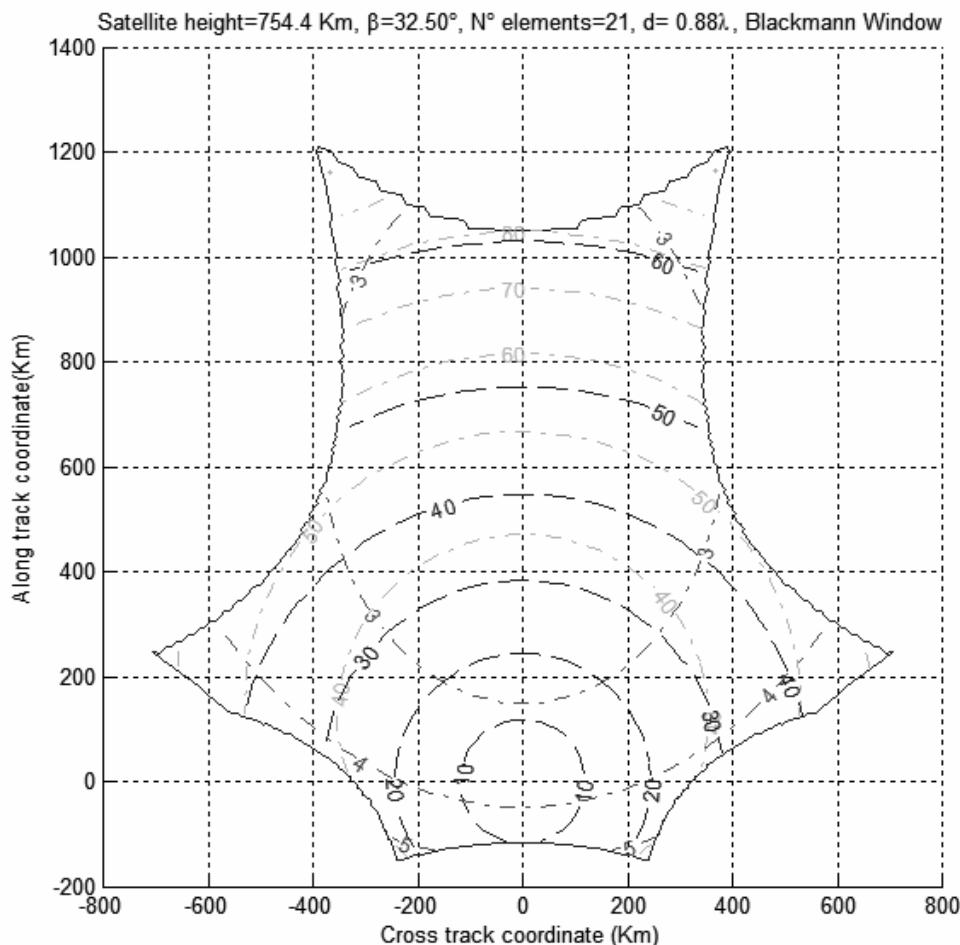


Very Large Array (Socorro, NM)



representació artística de SMOS  
(EADS-CASA Espacio)

# The SMOS instantaneous alias-free field-of-view (irregular curved hexagon)



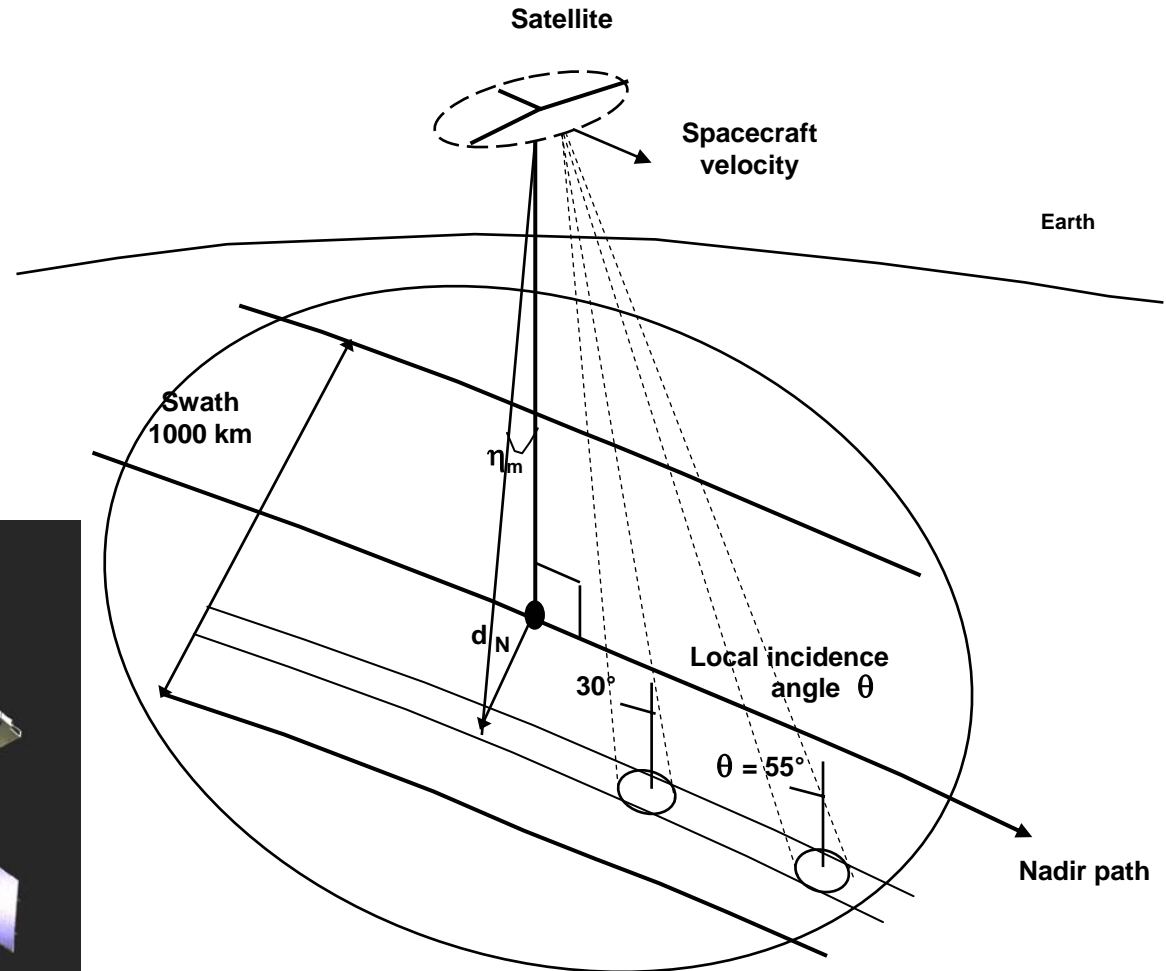
Multi-angular and spatially variable nature of the measurements:

- incidence angle (dashed lines) ranges from 0 to  $65^\circ$
- spatial resolution (dash-dotted lines) from 32 to 100 km
- radiometric sensitivity (dash-dotted) from 2.60 K at boresight to 5 K.

Figure generated by the SMOS End-to-end Performance Simulator (UPC)

# SMOS Viewing Geometry

As the satellite advances a single spot is seen in successive snapshots under different angles and spatial and radiometric resolutions depending on its position within the instrument field-of-view.



# SSS measured by SMOS



## What will SMOS be able to obtain?

- $T_b$  sensitivity to S is low, even at the best suited frequency (L-band)
- Technical difficulties in achieving high radiometric sensitivity and stability with MIRAS
- Impossible to fully correct sea surface  $T_b$  for geophysical effects
- SMOS will offer large spatial and temporal coverage, but single salinity measurements (30-50 km pixel) will be poor ( $\Delta SSS \approx 1$  psu)
- Need for spatial and temporal average to reduce measurement noise



**Focus on large scale oceanography**



# Requirements for OS



## Scientific requirements for satellite OS retrieval

- Global Ocean Data Assimilation Experiment (GODAE, 1997)  
0.1 psu, 200 km, 10 days (threshold 1 psu, 500 km, 10 days)
- Salinity and Sea Ice Working Group (SSIWG, 2000)  
0.1 psu, 100 km, 30 days
- **SMOS** (Mission Requirements Document v5, 2001)  
**0.1 psu, 200 km, 30 days**  
lower accuracy, higher resolution products (e.g. 100 km, 10 days or single passes) are useful for applications other than climate and large scale studies

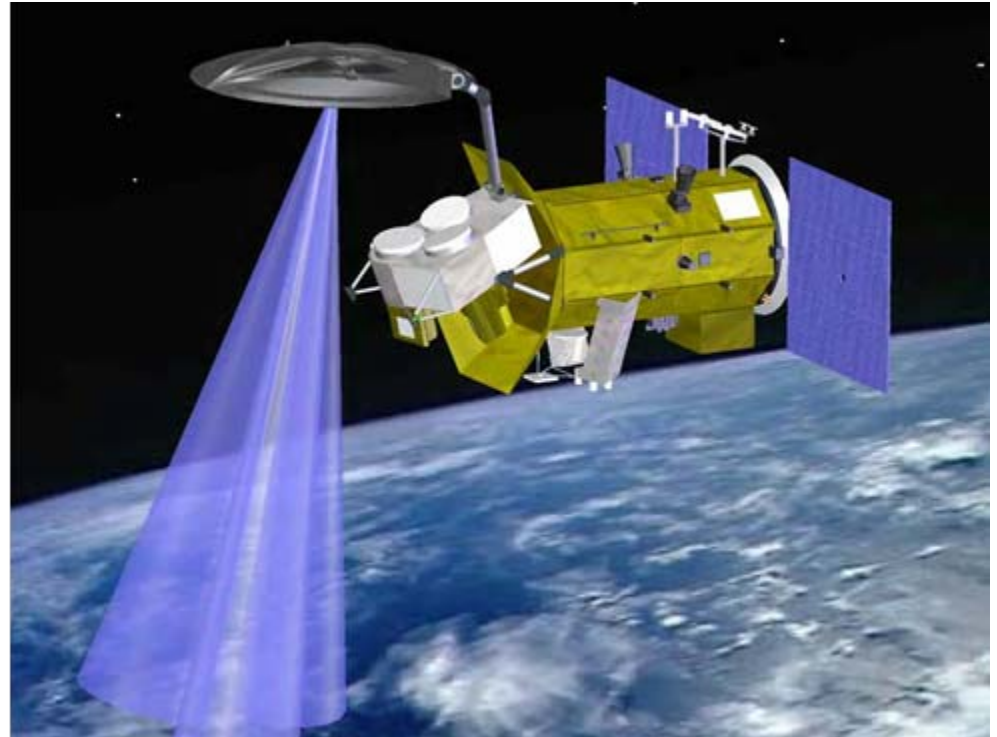
# Salinity Satellite Missions



ESA SMOS Mission - 2008



NASA/CONAE Aquarius/SAC-D Mission - 2009



# Participació espanyola a SMOS



- Contribució adicional > 60M€  
(CDTI, PN Espai)
- Lideratge industrial en instrument  
(EADS CASA Espacio)
- Lideratge industrial en DPGS  
(INDRA Espacio)
- Impuls ESAC Villafranca del Castillo  
(objectiu estratègic)
- Co-lideratge científic: salinitat  
(J. Font, ICM – CSIC)
- Forta implicació de grups de recerca  
(UPC, CSIC, UVEG, ...)
- Centre Expert de SMOS a Barcelona  
(CSIC, UPC)

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

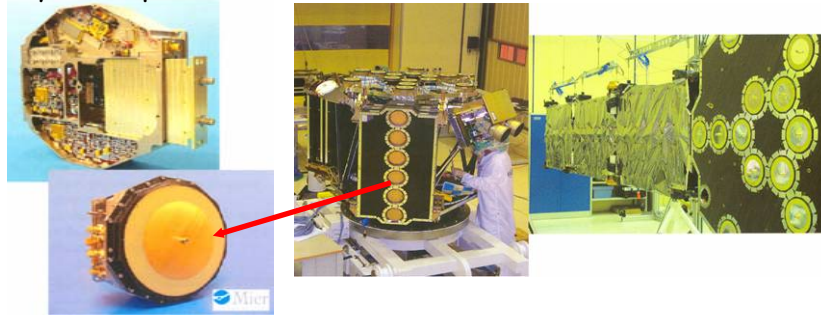


# UPC participation in the SMOS/MIRAS mission: 1993-present

J. Bará, A. Camps, I. Corbella, N. Duffo, F. Torres and M. Vall-llossera



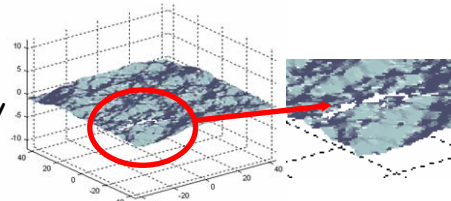
1. Instrument: Analysis, performance, calibration, imaging...  
→ Subsystem specification (EADS-CASA, MIER, YLINEN...)



SEPS: SMOS End-to-end Performance Simulator



2. Numerical Emission Models of the sea (including swell, foam, rain..) and vegetation covered soils



3. Field experiments: determine sea and soil emissivity over wide range of incidence angles

Locations: Repsol's Casablanca oil rig, IRTA facilities (Ebro Delta), JRC-Ispra, Valencia Anchor Station  
In collaboration with ICM, UVEG...



Others: TURTLE 06 ...



4. Development of geophysical parameter retrieval algorithms (sea salinity and soil moisture) from multi-angular radiometric observations

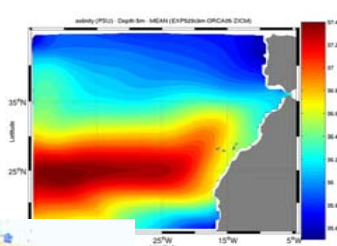
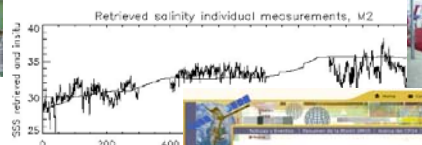
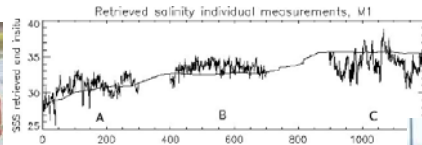
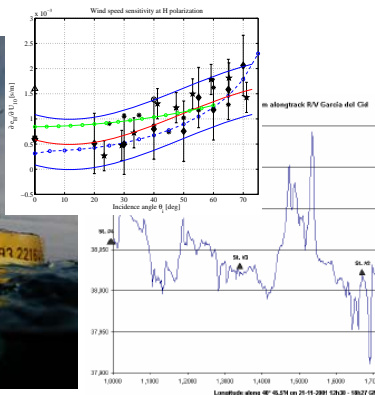
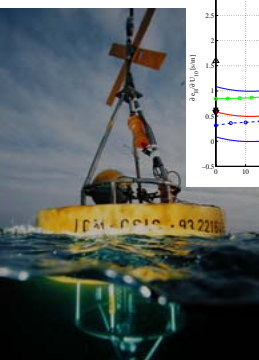


# ICM-CSIC, Barcelona



J. Font, C. Gabarró, A. Julià, B. Mourre, E. García, J.L. Pelegrí  
M. Emelianov, J. Ballabrera, M. Talone, A. García-Olivares, J. Salat, M. Lloret, J.R. Patón

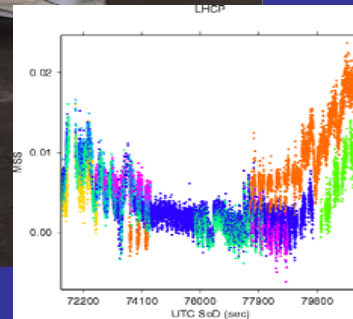
- Coordinació de la participació espanyola a la proposta SMOS de 1998
- Estudis sota contracte amb ESA 2000, 2002, 2004, 2005
- Campanyae WISE 2000, WISE 2001, EuroSTARRS, CoSMOS
- Coordinació dels projectes MIDAS del PN Espai
- Models semi-empírics de l'efecte de la rugositat en l'emissivitat de l'oceà
- Col·laboració amb la missió Aquarius (NASA-CONAE)
- Algorismes per al càlculo de la salinitat a partir de  $T_b$
- Participació en las propostes de validació CALIMAS i MedARGO
- Assimilació de dades de salinitat en models de circulació oceànica
- Coordinació del desenvolupament del CP34
- Organització del BEC (SMOS Barcelona Expert Centre)



$$\begin{cases} \Delta T_h \approx 0.12 \cdot (1 + \theta / 24^\circ) \cdot WS + 0.59 \cdot (1 - \theta / 50^\circ) \cdot SWH \\ \Delta T_v \approx 0.12 \cdot (1 - \theta / 40^\circ) \cdot WS + 0.59 \cdot (1 - \theta / 50^\circ) \cdot SWH \end{cases}$$

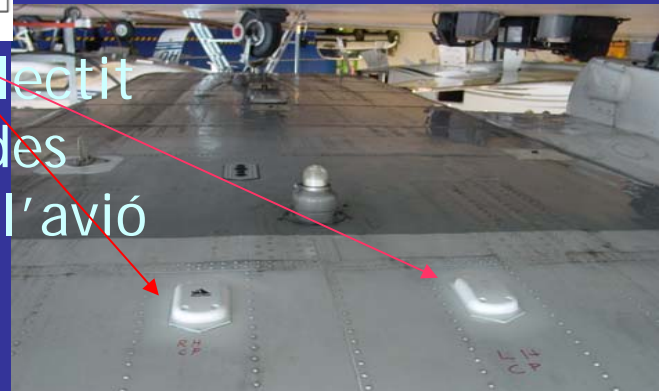


# Reflexions de senyals GPS per a determinar rugositat



2 antenes senyal reflectit  
(LHCP i RHCP) situades  
a la part inferior de l'avió

GOLD-RTR

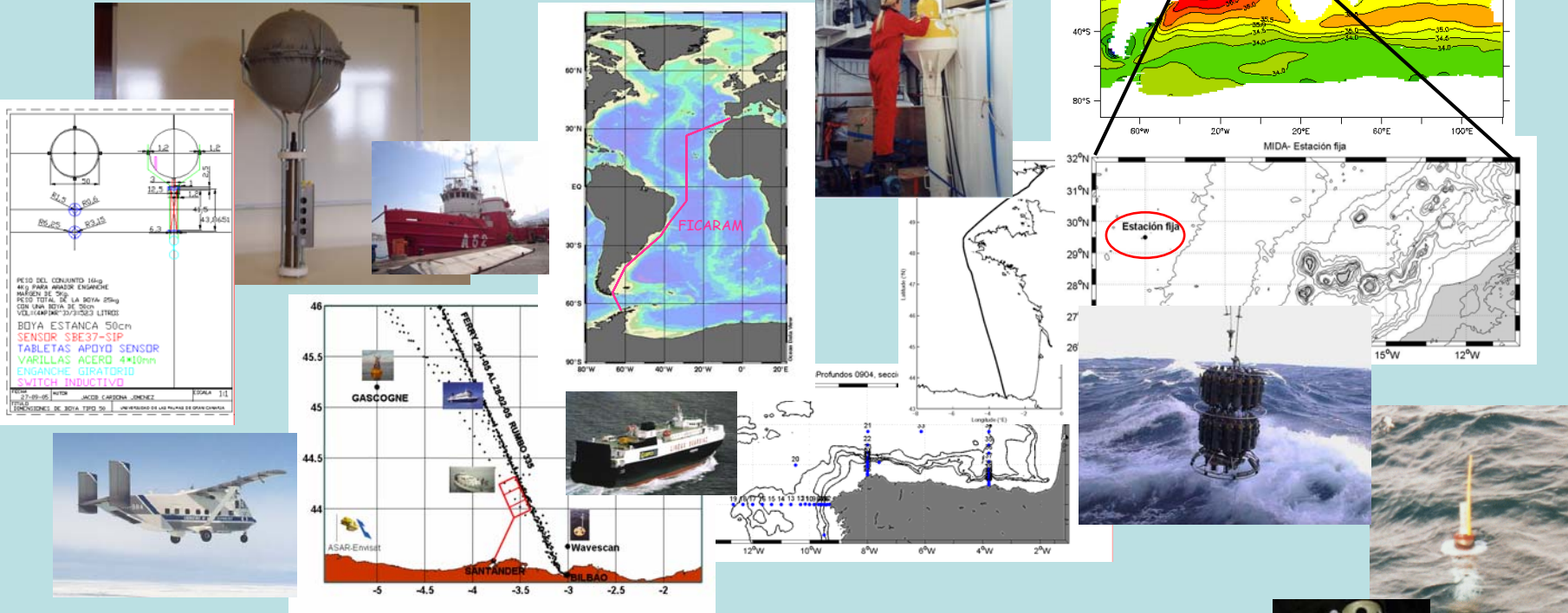


## Campanyes (GOLD TEST, CoSMOS-OS)

# Altres activitats de validació



## CALIMAS: CALibration-validation of Interferometric Microwave And Salinity products



## MedARGO: Validation in the Mediterranean using ARGO floats

**SMOS:** esforç enorme i oportunitat única per impulsar l'observació de la Terra des de Catalunya

