

Madrid, 30 de mayo de 2013
Servicios centrales de AEMET



Actividades de Modelización del Clima en AEMET relevantes para el sector agrario

E. Rodríguez Camino



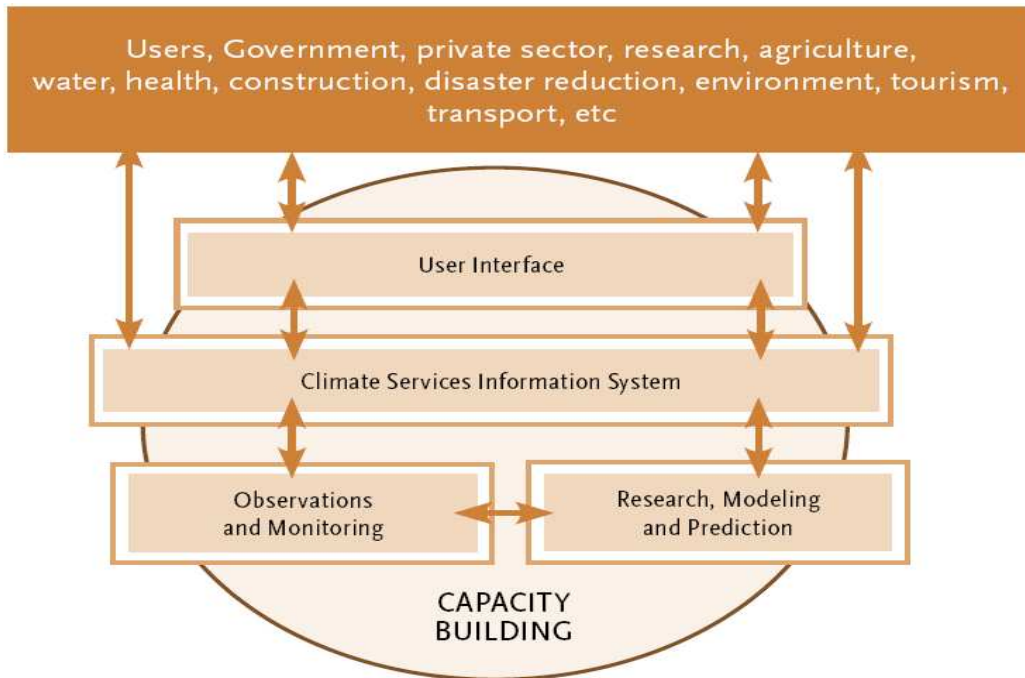
Índice

- Introducción: MMSC
- Predicción estacional
- Proyecciones

Marco Mundial de Servicios Climáticos

- Climate services (CS) may be defined as **scientifically based information** and products that **enhance users' knowledge and understanding** about the impacts of climate on their decisions and actions. These services are made most effective through **collaboration between providers and users** [AMS statement, Aug 2012]
- The GFCS aims to "enable better management of the risks of climate variability and change and adaptation to climate change, through the development and **incorporation of science-based climate information and prediction** into planning, policy and practice on the global, regional and national scale." [WCC-3]
- Una sociedad que **gestione mejor los riesgos y oportunidades vinculados a la variabilidad y el cambio climáticos** desarrollando e incorporando información y predicciones climáticas científicas en la planificación, en las políticas y en la práctica [Visión del Plan de Implementación del MMSC]

Next steps: GFCS 2013



Elementos Básicos

- **8 Principios:** creación de capacidad, disponibilidad, acceso y uso de los servicios climáticos en todos los países, ámbitos mundial, regional y nacional, servicios climáticos operativos, bien público internacional ofrecido por los gobiernos, intercambio libre y abierto de los datos, herramientas y métodos, no duplicar, necesidades de los usuarios
- **5 Pilares:** plataforma interfaz usuarios, sistema de información de servicios climáticos, observaciones y vigilancia, investigación/modelización/predicción, desarrollo de capacidad
- **4 Áreas Prioritarias:** agricultura y seguridad alimentaria, reducción riesgos desastres, salud, sector hídrico.

Modelos climáticos

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho a \cos \varphi} \frac{\partial p}{\partial \lambda} + fv + uv \frac{\tan \varphi}{a} + F_\lambda$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{\rho a \sin \varphi} \frac{\partial p}{\partial \varphi} - fu - v^2 \frac{\tan \varphi}{a} + F_\varphi$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\nabla \cdot \rho \mathbf{V} \quad \longrightarrow \quad u, v, w, p, \rho, T$$

$$C_p \frac{d\Theta}{dt} = \frac{\Theta}{T} Q$$

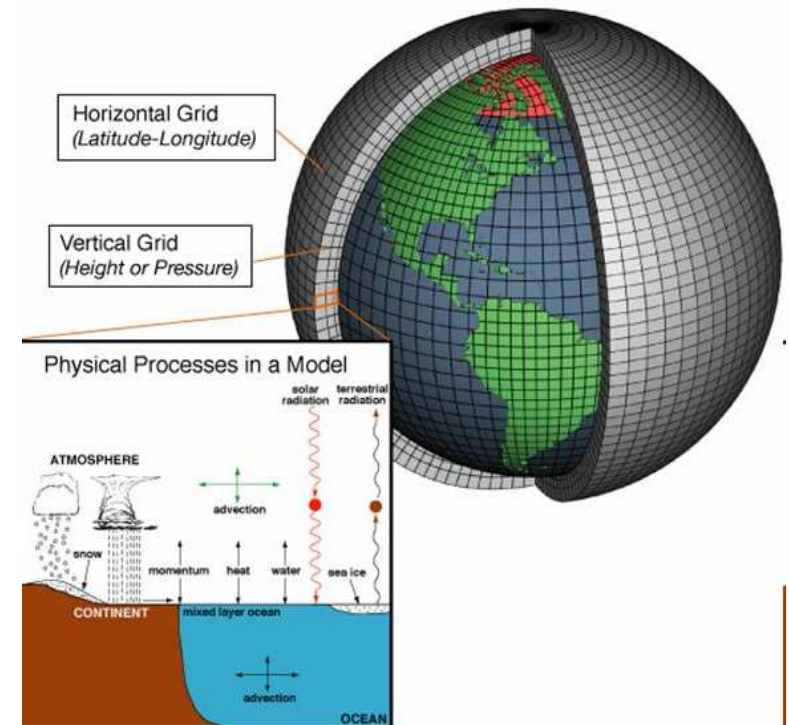
$$p = R\rho T$$

Ecuaciones atmósfera

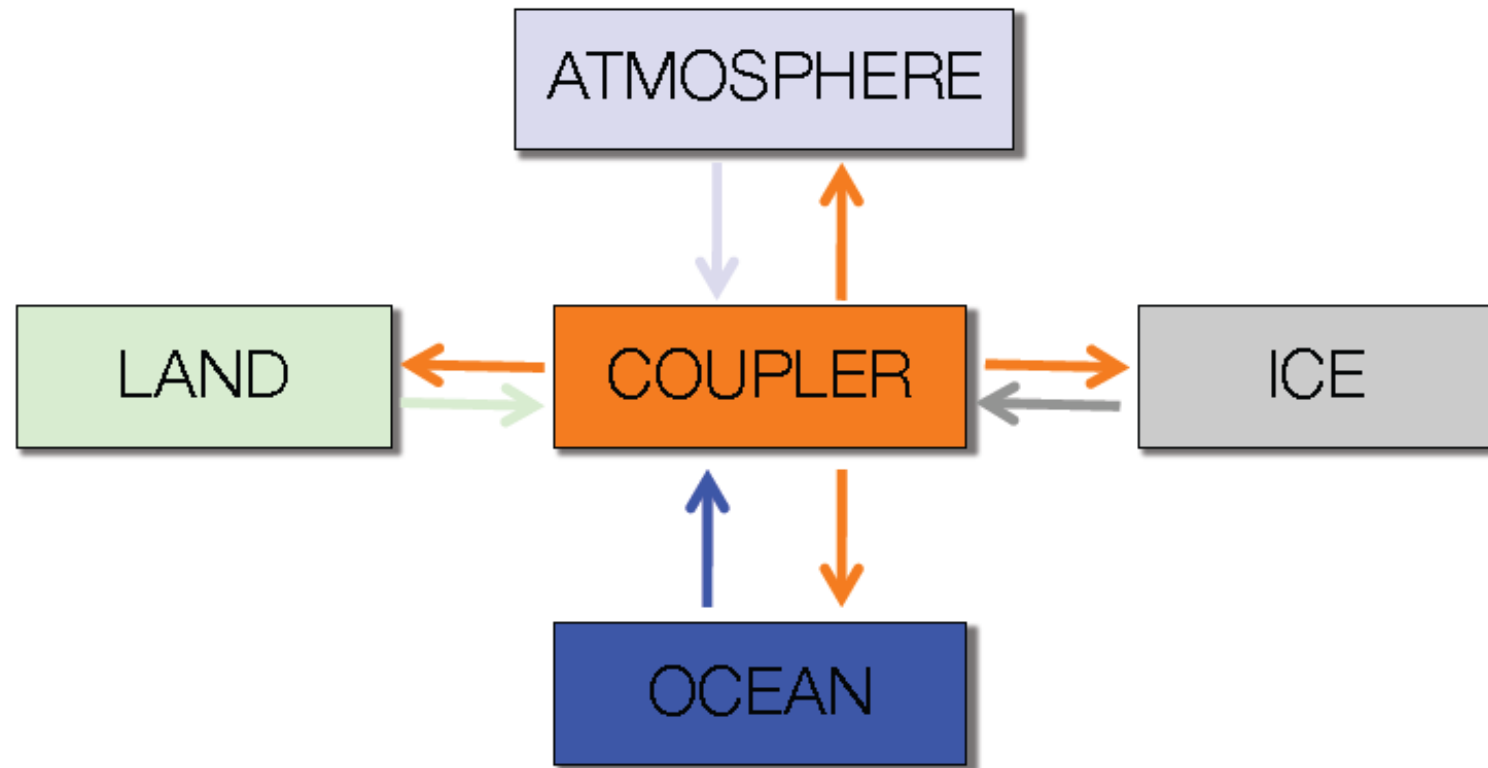


Discretización

Los modelos climáticos son programas informáticos basados en las ecuaciones que describen la evolución de los distintos componentes del sistema climático: atmósfera, océano, hielos, biosfera, ...



Model components



The Software Architecture of Global Climate Models



Kaitlin Alexander^{1,2}, Steve Easterbrook²
 umalexak@cc.umanitoba.ca sme@cs.toronto.edu

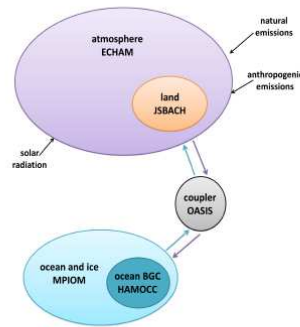


1943-A-1304

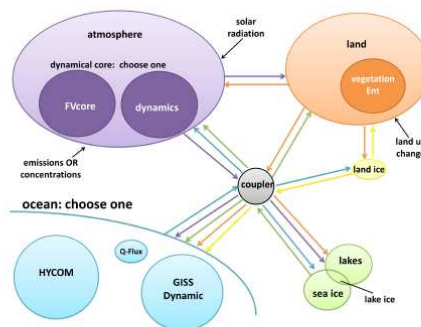
¹Department of Mathematics, University of Manitoba

²Software Engineering Lab, Department of Computer Science, University of Toronto

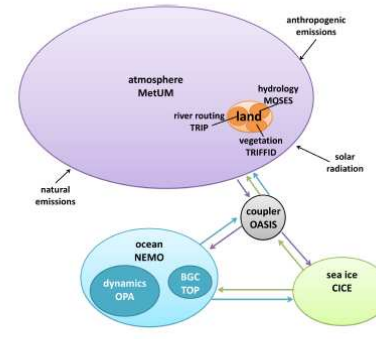
COSMOS 1.2.1
 Max-Planck-Institut für Meteorologie, Germany



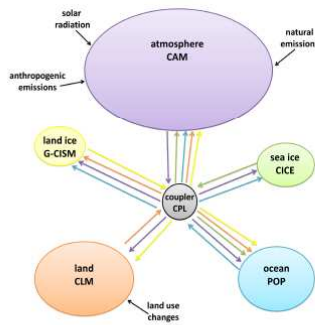
Model E October 11, 2011 revision
 NASA Goddard Institute for Space Studies, USA



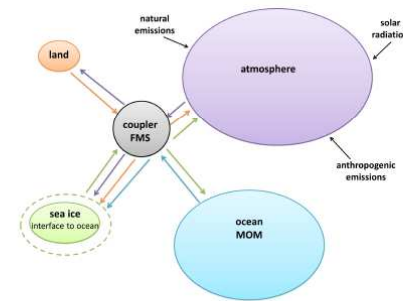
HadGEM3
 Met. Office, UK



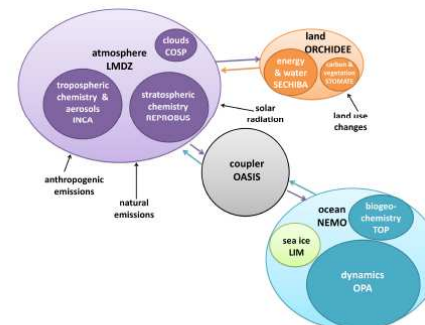
CESM 1.0.3
 National Center for Atmospheric Research, USA



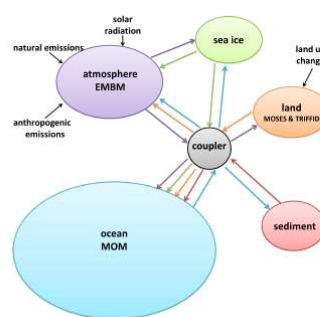
GFDL Climate Model 2.1 (coupled to MOM 4.1)
 Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA



IPSL Climate Model 5A
 Institut Pierre Simon Laplace, France



UVic Earth System Climate Model 2.9
 University of Victoria, Canada



Key to Diagrams

Each component of the climate system has been assigned a colour:
 atmosphere ocean land sea ice land ice sediment

Model code for a component is represented with a bubble. Fluxes are represented with arrows, in a colour showing where they originated.

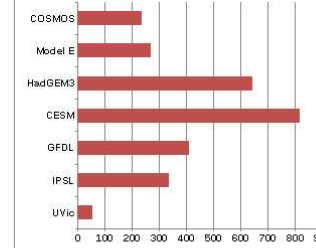
Couplers are grey. Components can pass fluxes either directly to each other or through the coupler.

The area of a bubble represents the size of its code base, relative to other components in the same model.

A smaller bubble within a larger one represents a small, highly encapsulated model of a system (eg clouds) that is used by the component.

Radiative forcings are passed to components with plain arrows.

Size (thousands of lines of code)



Generated using David A. Wheeler's "SLOCCount".

Land model

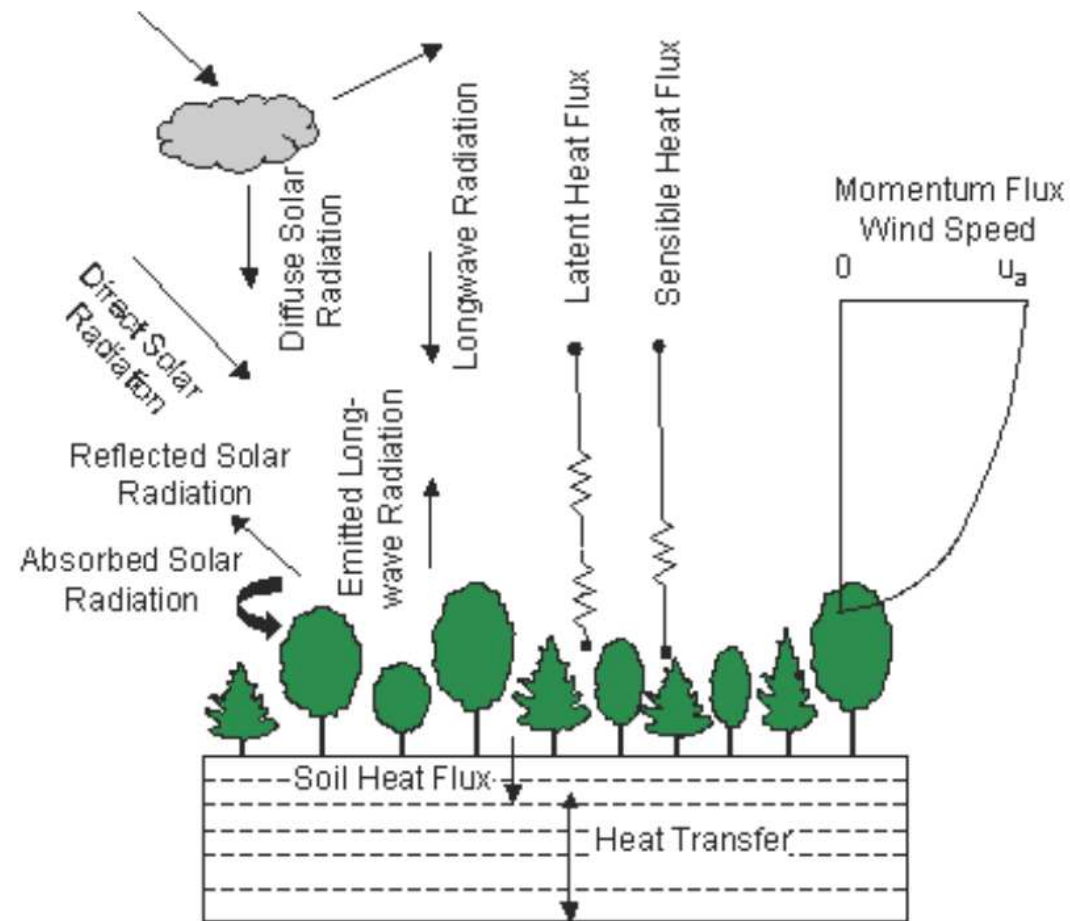
- Land models formalize and quantify concepts of **ecological climatology**.
- **Ecological climatology** is an interdisciplinary framework to understand how natural and human changes in vegetation affect climate. It examines the physical, chemical, and biological processes by which terrestrial ecosystems affect and are affected by climate across a variety of spatial and temporal scales.
- The central theme is that **terrestrial ecosystems**, through their cycling of energy, water, chemical elements, and trace gases, **are important determinants of climate**.

4 Components:

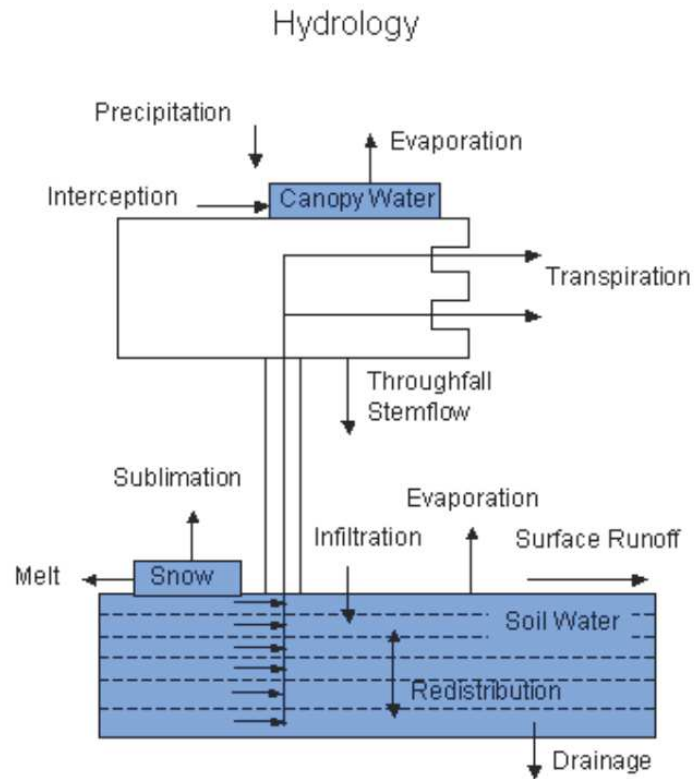
- Biogeophysics
- Hydrologic Cycle
- Biogeochemistry
- Dynamic Vegetation

[source: CLM homepage <http://www.cgd.ucar.edu/tss/clm/>]

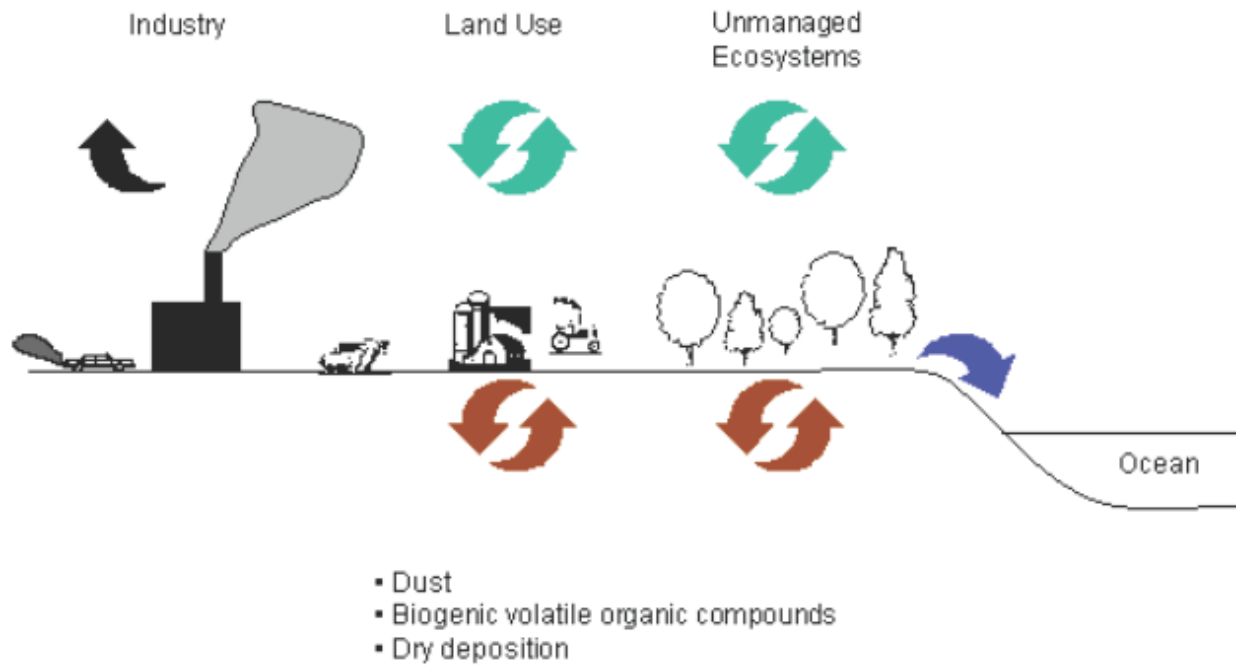
Biogeophysics – Energy, Moisture, Momentum



Hydrologic cycle



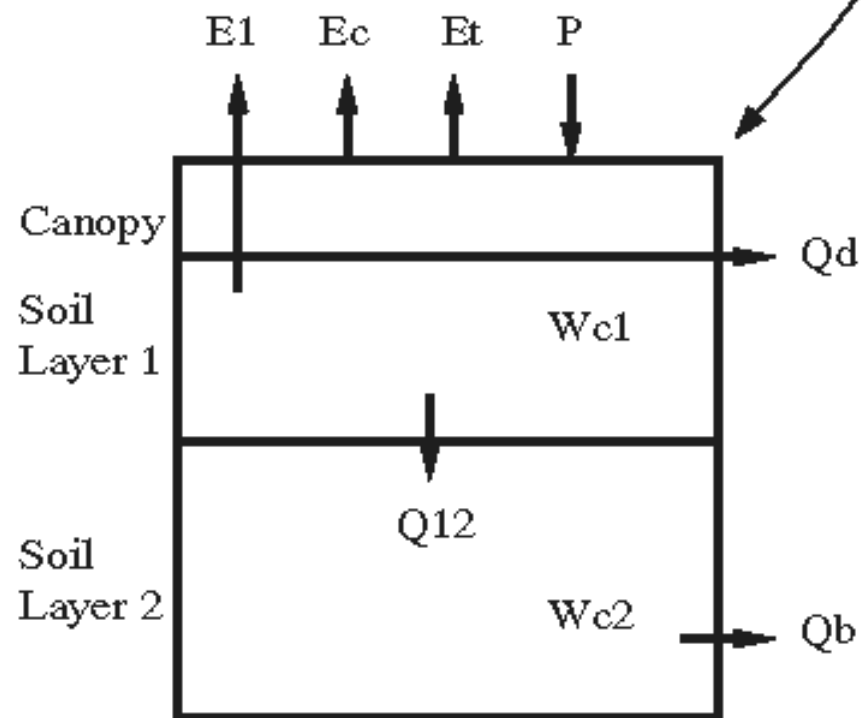
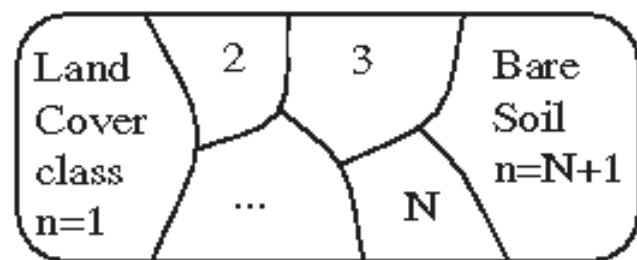
Biogeochemistry



Ecosystem carbon balance

Balance of plant and soil carbon pools:

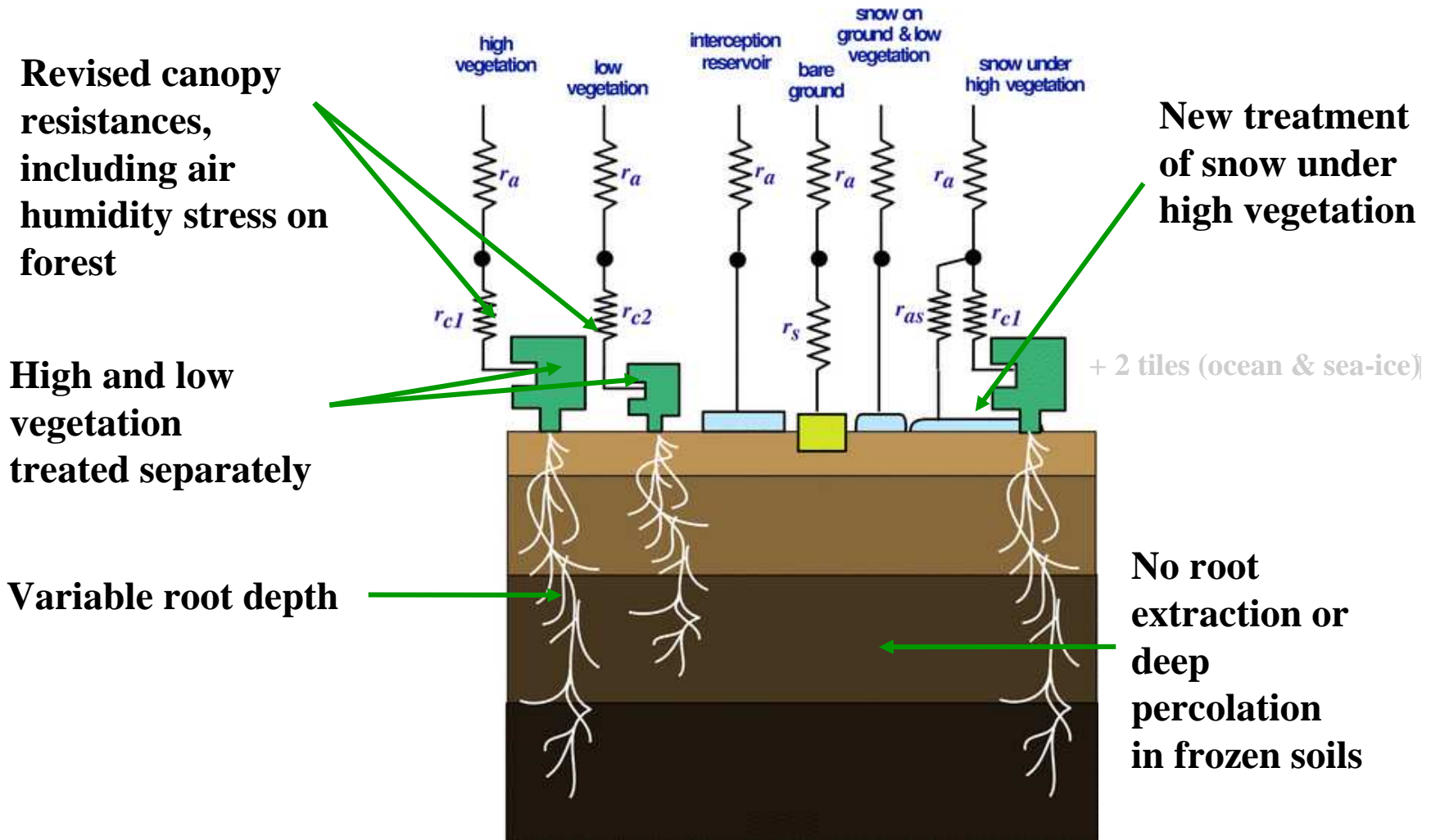
- $NPP = GPP - R_a = (\Delta C_f + \Delta C_s + \Delta C_r) / \Delta t$
 - NPP is net primary production,
 - GPP is gross primary production
 - R_a is autotrophic (plant) respiration
 - ΔC_f , ΔC_s , ΔC_r are foliage, stem, and root carbon pools
- $NEP = NPP - R_h$
 - NEP is net ecosystem production
 - R_h is heterotrophic (soil) respiration
- $NBP = NEP - \text{Combustion}$
 - NBP is net biome production
 - Combustion is carbon loss during fire



TESSEL scheme in a nutshell

- Tiled ECMWF Scheme for Surface Exchanges over Land

Land surface tiles in ERA40 surface scheme



Land surface model perspectives

2011	2012-2013	2013-2015
------	-----------	-----------

- **H₂O E CO₂**

Integration of Carbon

Energy / Water cycles

at the surface (GEOLAND-

based & GMES-funded)

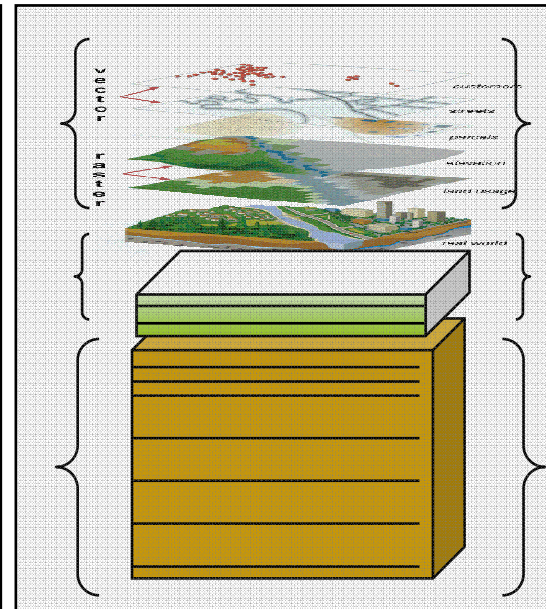
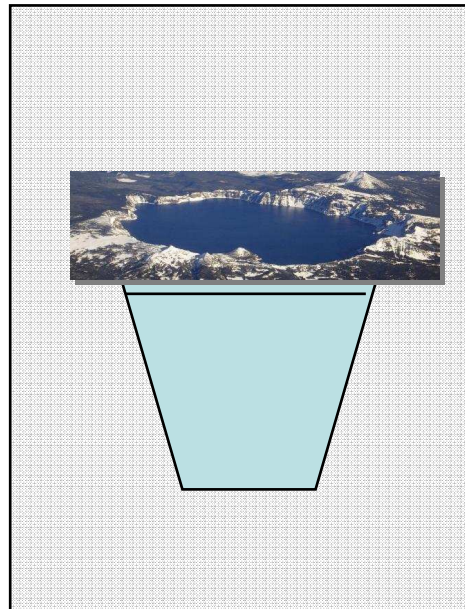
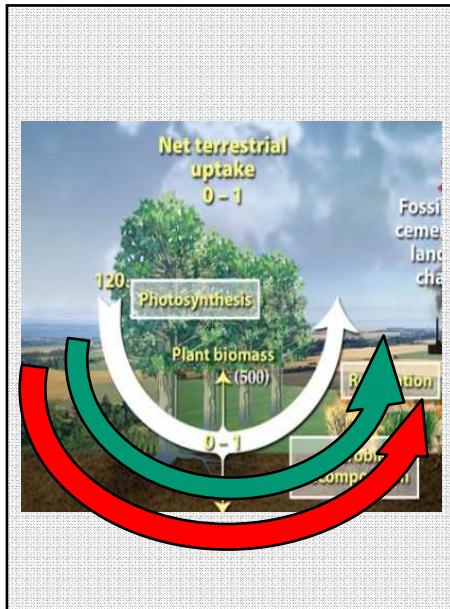
- **Flake model**

Mironov et al (2010),
 Dutra et al. (2010),
 Balsamo et al. (2010)

Extra tile (9) to account
 for sub-grid lakes

- Towards an **Interactive Ecosystem modelling**

(prototype)



Seasonal forecasting

- Increasing demand of seasonal prediction products by many sectors → NMHSs need to respond → critical place in weather and climate services
- Balance btw
 - meeting demands
 - predictability issues
 - creditibility of the organization
 - commercial issues

3 categories of seasonal predictability

- Variables that exhibit **INERTIA** or memory: ocean heat content, sea-ice, Sn, SM
- Dominant **PATTERNS** of atmospheric and ocean variability: ENSO, NAO, etc
- External **FORCING**: volcanic eruptions, changes in solar activity

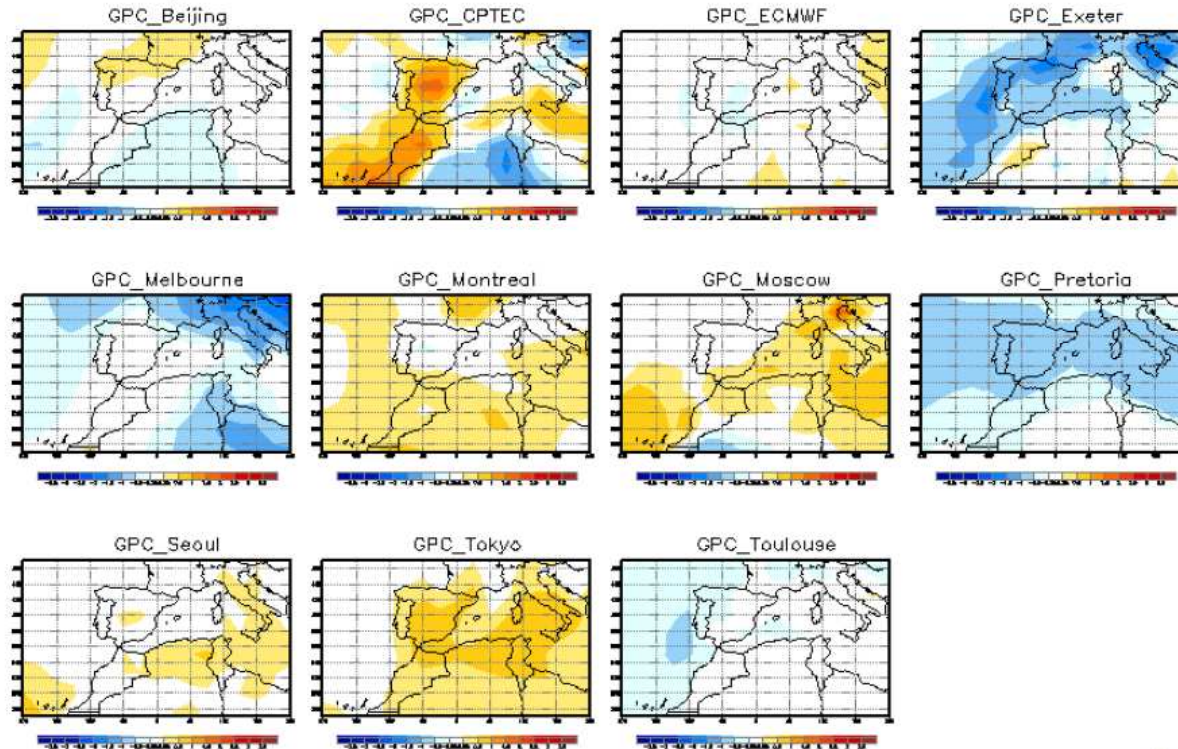
Ensemble Multi-Modelo

4.2 Temperatura

lat=27 47
lon=-20 20

2m Temperature : JJA2013

(issued on May2013) [Unit: K]



5.1 Temperatura

MODELOS	NW	SW	NE	SE	CANARIAS	BALEARES
IRI						
EUROSIP						
BEIJING						
ECMWF						
CPTEC						
EXETER						
MELBOURNE						
MONTREAL						
MOSCOW						
PRETORIA						
SEOUL						
TOKYO						
TOULOUSE						
WASHINGTON	sin datos	sin datos	sin datos	sin datos	sin datos	sin datos

	Débil anomalía positiva
	Moderada anomalía positiva
	Débil anomalía negativa
	Moderada anomalía negativa

CONCLUSIÓN: No hay anomalías significativas de temperatura para JJA del 2013 con respecto a los valores normales en toda España



	Ausencia de anomalía
	Débil anomalía positiva
	Moderada anomalía positiva
	Débil anomalía negativa
	Moderada anomalía negativa



Ensemble Multi-CIs

ECMWF Seasonal Forecast
Mean 2m temperature anomaly
Forecast start reference is 01/05/13
Ensemble size = 51, climate size = 450

ECMWF Seasonal Forecast
Prob(2m temperature > median)
Forecast start reference is 01/05/13
Ensemble size = 51, climate size = 450

System 4
JJA 2013
Solid contour at 1% significance level

ECMWF Seasonal Forecast
Prob(2m temperature < lower tercile)
Forecast start reference is 01/05/13
Ensemble size = 51, climate size = 450

System 4
JJA 2013

Legend for Mean 2m temperature anomaly:
 -2.0°C, -2.0..-1.0, -1.0..-0.5, -0.5..0, No Signal, 0..0.5, 0.5..1.0, 1.0..2.0, >2

Legend for Prob(2m temperature > median):
 0..10%, 10..20%, 20..30%, 30..40%, 40..60%, 60..70%, 70..80%, 80..90%, 90..100%

Legend for Prob(2m temperature < lower tercile):
 0..10%, 10..20%, 20..40%, 40..50%, 50..60%, 60..70%, 70..100%

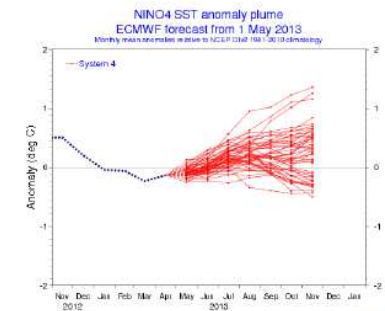
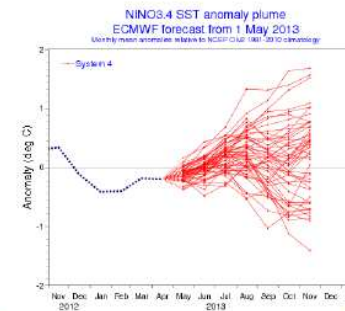
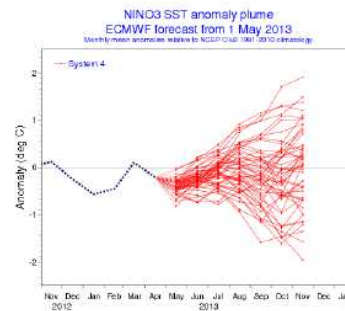
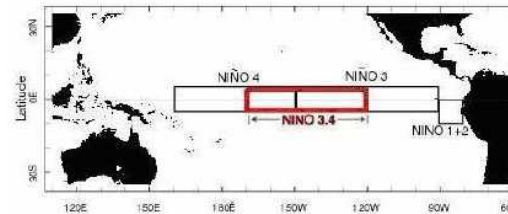
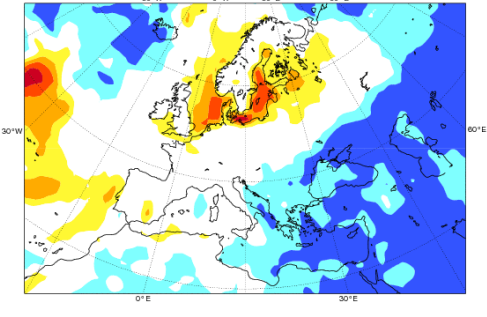
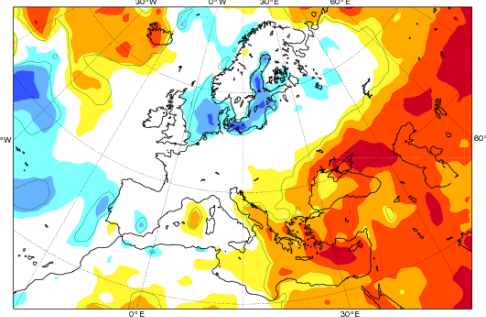
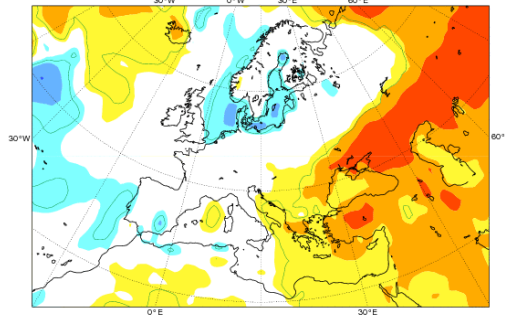
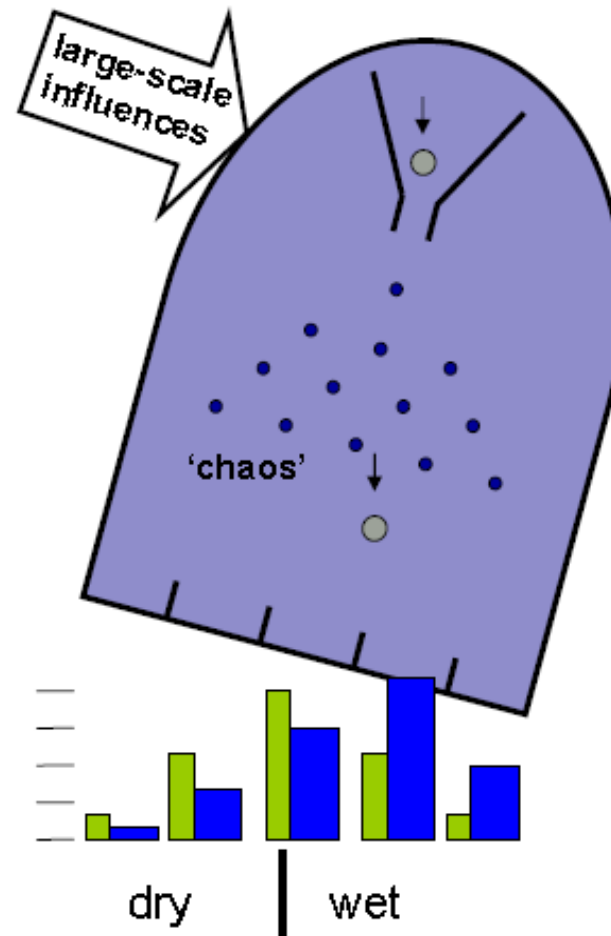
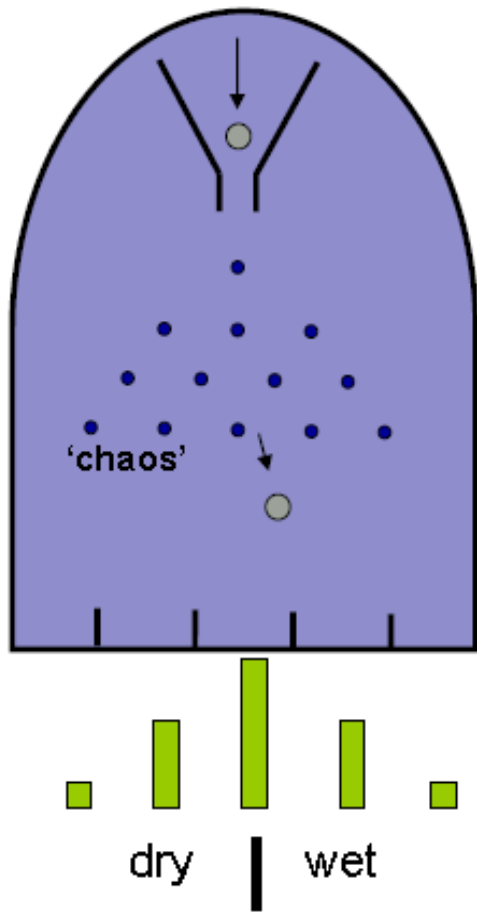


Fig.3: Análisis y predicción del índice del Niño en las diversas regiones del Pacífico por el ECMWF. Fuente <http://www.ecmwf.int>

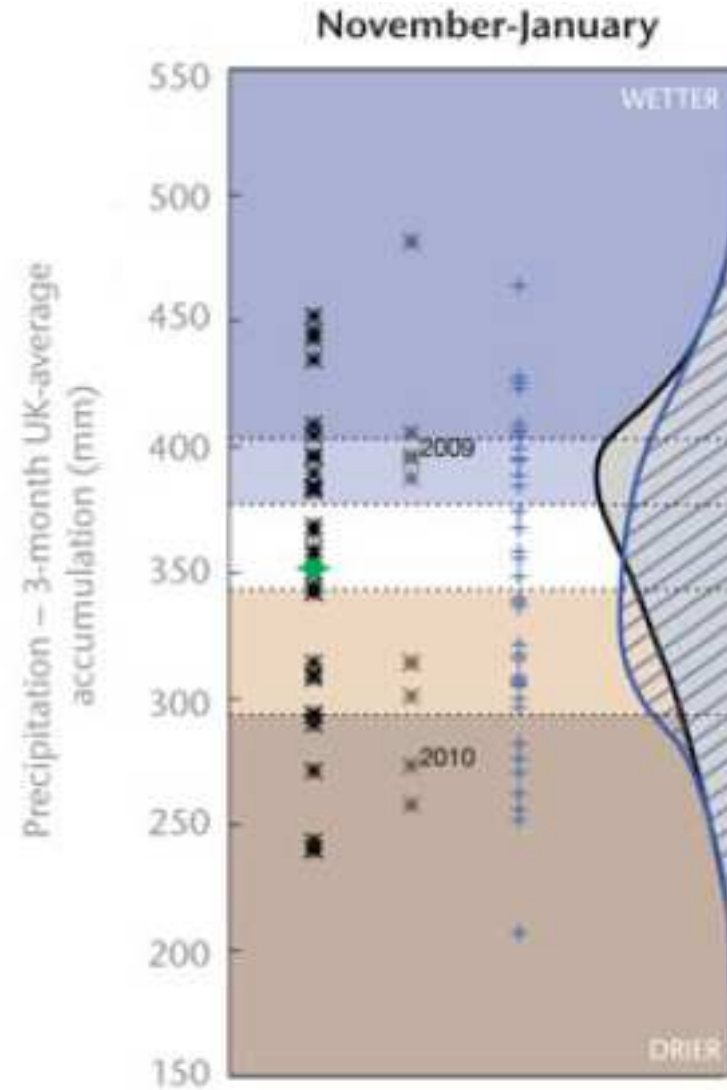
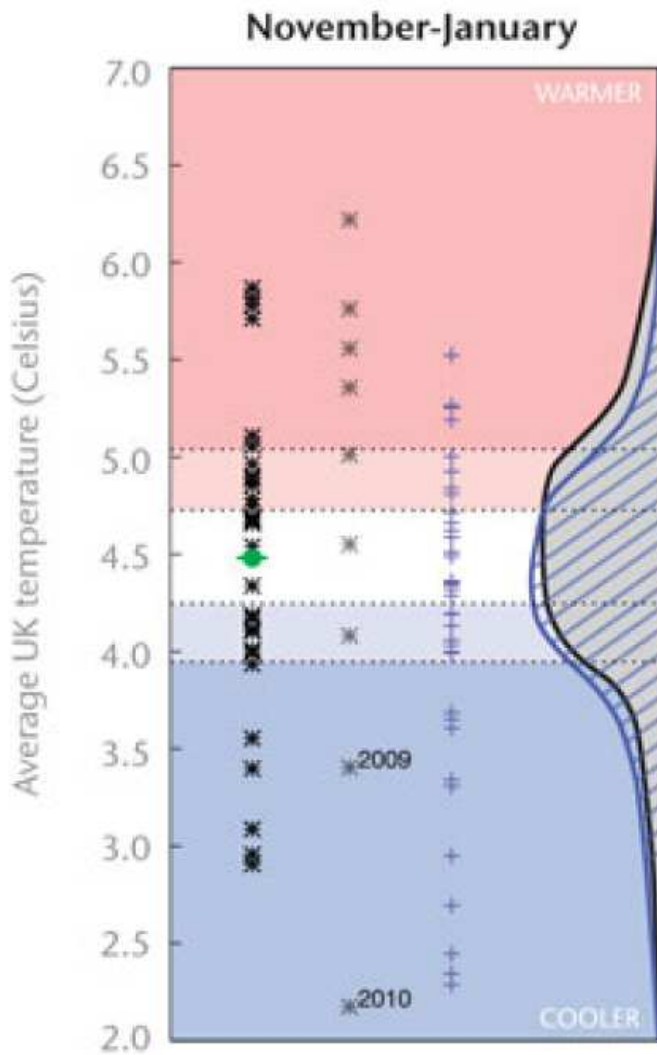
¿Es fiable/útil la predicción estacional?

- La atmósfera es caótica y por tanto las predicciones (a todas las escalas!!) vienen afectadas por incertidumbres
- Depende de regiones, variables, estaciones, ENSO, ...
- En general poca predecibilidad (comparada con corto/medio plazo) y para ciertas ventanas de oportunidad
- Muchas fuentes distintas que hay que combinar de forma óptima
- Información probabilística

Caos → Probabilidades



Ejemplo MetOffice



Ejemplo RCOFs

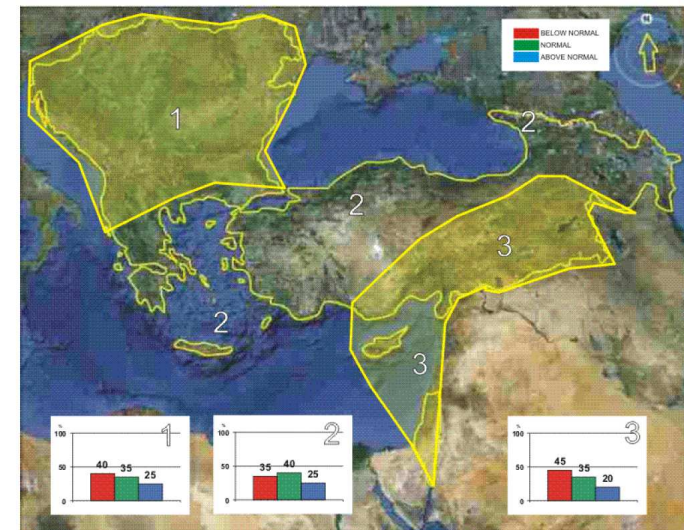
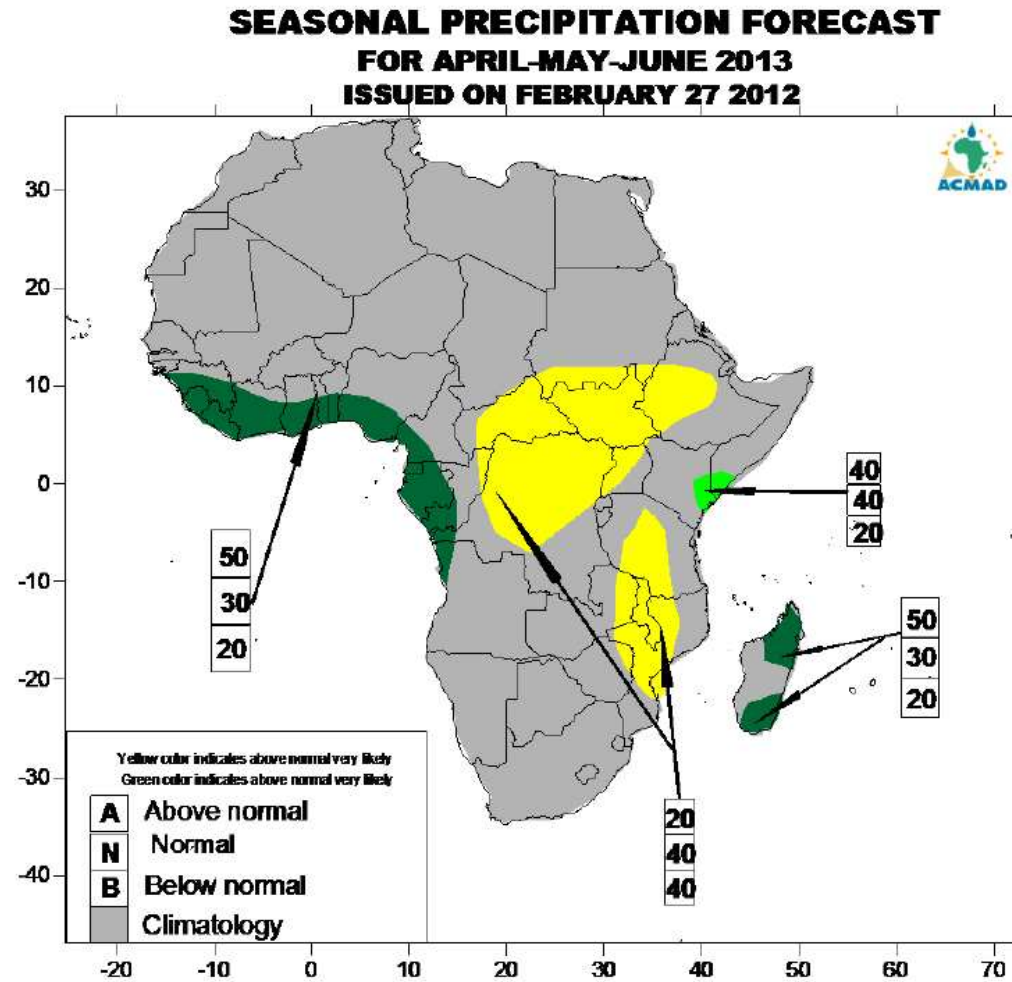


Figure 1. Graphical presentation 2011/2012 winter precipitation outlook

AEMET

5.1 Temperatura

MODELOS	NW	SW	NE	SE	CANARIAS	BALEARES
IRI						
EUROSIP						
BEIJING						
ECMWF						
CPTEC						
EXETER						
MELBOURNE						
MONTREAL						
MOSCOW						
PRETORIA						
SEOUL						
TOKYO						
TOULOUSE						
WASHINGTON	sin datos	sin datos	sin datos	sin datos	sin datos	sin datos

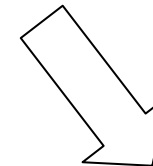
	Débil anomalía positiva
	Moderada anomalía positiva
	Débil anomalía negativa
	Moderada anomalía negativa

CONCLUSIÓN: No hay anomalías significativas de temperatura para JJA del 2013 con respecto a los valores normales en toda España



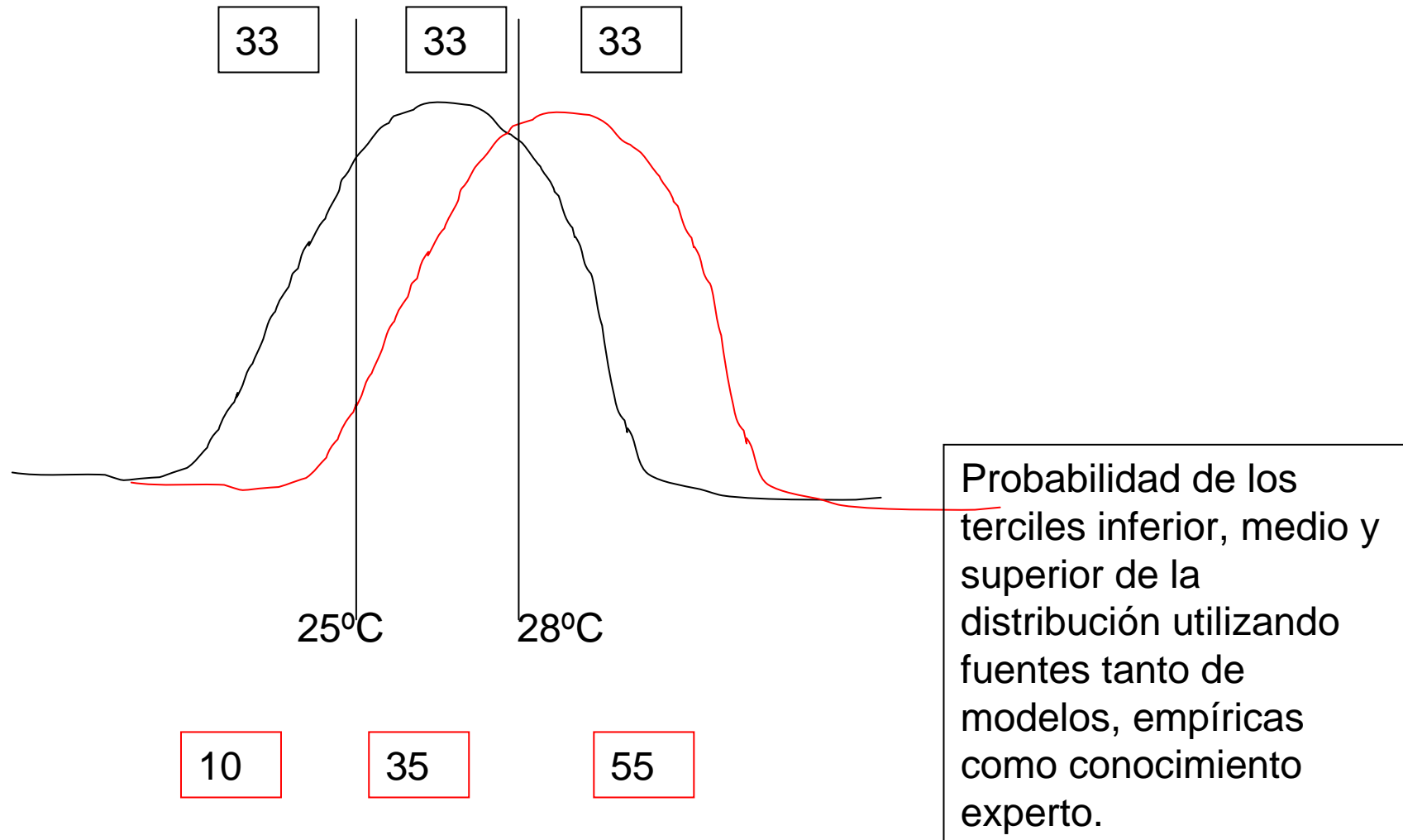
	Ausencia de anomalía
	Débil anomalía positiva
	Moderada anomalía positiva
	Débil anomalía negativa
	Moderada anomalía negativa

33	33	33
----	----	----



25	30	45
----	----	----

Información en terciles



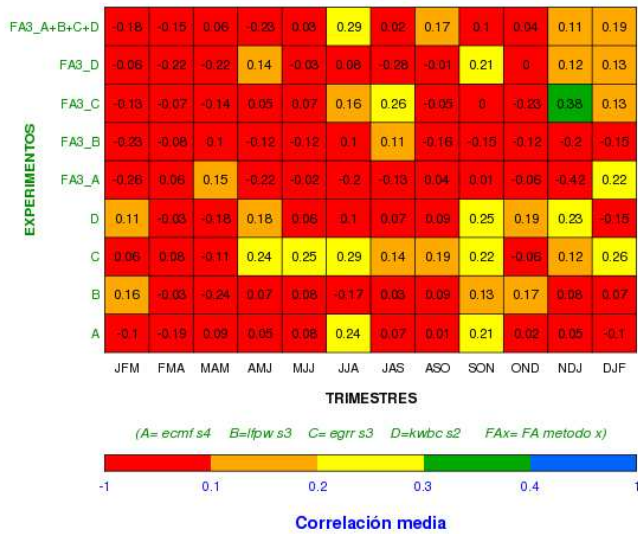
Conclusions from previous studies

- Seasonal forecasting over Europe would benefit from a coordinated effort to improve the forecast systems and to **combine climate information from different sources** (Doblas-Reyes 2010)
- Seasonal forecasting over Europe would probably be feasible only restricted to **certain windows of opportunity** (variability patterns, seasons, variables, regions, systems,...)
- **Never disregard any source of predictability!**

Baja predecibilidad sobre PI

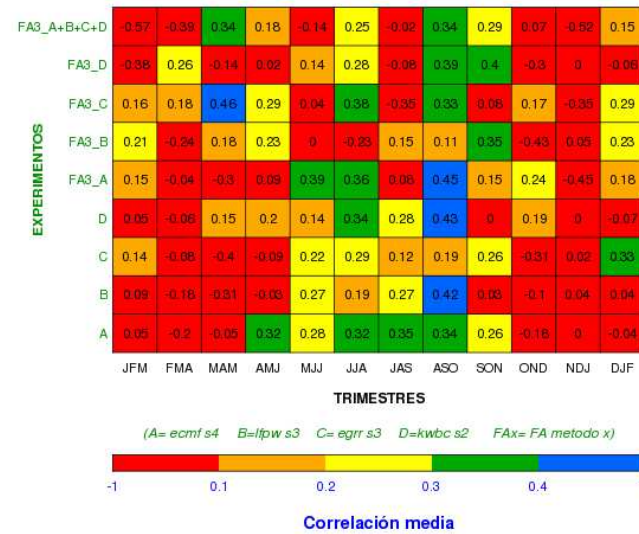
EVALUACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA

(Lead-Time= 1 N° modos retenidos en FA= 3 Area= H41)



EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA

(Lead-Time= 1 N° modos retenidos en FA= 3 Area= H41)



Predictability at seasonal scales

[DEMETER calculated over 1980-2000]

Region	2m Temperature				Precipitation			
	JJA		DJF		JJA		DJF	
	$E_T^-(x)$	$E_T^+(x)$	$E_T^-(x)$	$E_T^+(x)$	$E_p^-(x)$	$E_p^+(x)$	$E_p^-(x)$	$E_p^+(x)$
Australia	<u>10.7</u>	<u>10.1</u>	1.3	-0.4	-1.3	-2.5	-3.1	-3.6
Amazon Basin	<u>14.4</u>	9.1	<u>23.4</u>	<u>25.7</u>	2.2	2.1	<u>9.5</u>	<u>8.9</u>
Southern South America	<u>8.5</u>	<u>8.2</u>	-1.2	1.8	<u>7.8</u>	5.0	-0.7	-2.8
Central America	<u>12.1</u>	<u>9.9</u>	<u>14.8</u>	6.3	2.6	-0.7	8.7	8.5
Western North America	<u>6.5</u>	<u>7.7</u>	3.9	2.3	3.2	<u>5.5</u>	-0.6	0.0
Central North America	-4.1	-3.6	<u>-7.5</u>	0.3	-1.8	<u>-7.0</u>	3.7	5.3
Eastern North America	0.6	5.7	4.1	9.5	<u>-4.5</u>	<u>-8.3</u>	<u>9.2</u>	6.0
Alaska	3.0	2.1	0.0	-0.7	-0.1	0.3	2.4	4.9
Greenland	3.6	4.2	<u>8.0</u>	5.8	<u>-1.4</u>	-0.5	-2.1	-2.0
Mediterranean Basin	<u>7.6</u>	<u>10.7</u>	3.2	3.2	-0.5	0.1	1.6	-0.9
Northern Europe	-4.4	-4.2	4.8	2.9	-1.0	1.9	-1.1	-0.9
Western Africa	<u>10.4</u>	<u>11.8</u>	<u>18.1</u>	<u>17.2</u>	-1.6	-2.0	<u>-4.9</u>	<u>-3.5</u>
Eastern Africa	<u>12.6</u>	5.8	<u>13.3</u>	<u>10.3</u>	0.1	-0.3	1.2	0.6
Southern Africa	5.6	-1.1	<u>15.9</u>	<u>15.7</u>	0.7	-1.2	5.4	3.6
Sahara	<u>7.6</u>	<u>7.4</u>	6.9	3.9	<u>-2.6</u>	<u>-4.8</u>	<u>-2.7</u>	<u>-2.7</u>
Southeast Asia	10.7	5.9	8.7	<u>18.1</u>	<u>14.7</u>	<u>10.3</u>	3.4	2.5
East Asia	<u>4.7</u>	<u>7.9</u>	<u>10.8</u>	<u>10.0</u>	0.6	-1.0	-1.6	-0.9
South Asia	4.9	<u>13.1</u>	<u>7.6</u>	<u>8.6</u>	-1.6	<u>-3.0</u>	2.0	0.5
Central Asia	0.8	3.8	1.3	-0.4	0.5	0.1	-3.1	-3.6
Tibet	<u>10.7</u>	<u>10.1</u>	<u>23.4</u>	<u>25.7</u>	-1.1	0.0	<u>9.5</u>	<u>8.9</u>
North Asia	<u>14.4</u>	9.1	-1.2	1.8	-1.3	-2.5	-0.7	-2.8

- Here the BSS is calculated for binary events in terciles. Positive → better than climat. forecasts. Underlined → greater than 90% confid.. Negative underlined → MME fails to predict the occurrence of the event.

- T2m is more reliably predicted than prec.

- Tropical regions generally show more temperature reliability, although there are subtropical regions of considerable forecast quality (e.g., Tibet).

- There is significant seasonality in T2m forecast quality. Some of the forecast quality in the T2m is due to the warming trend over the verification period 1980-2000.

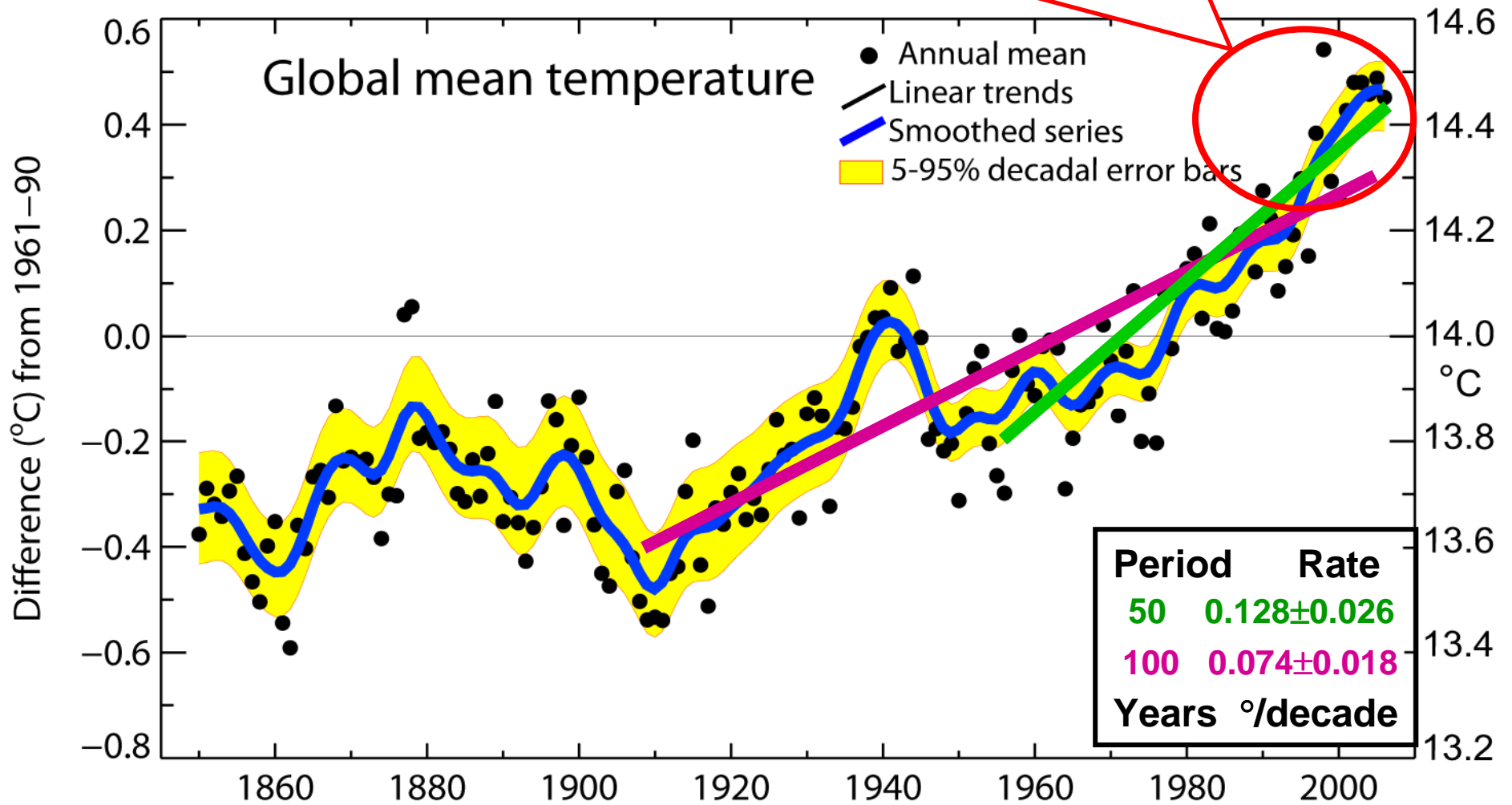
- Models have significant difficulty capturing the rainfall variability over these land regions. There is notable forecast reliability in the local summer seasons over the Amazon Basin and Southeast Asia. Elsewhere the precipitation forecast reliability is desultory.

How to respond to the demand of seasonal forecasting products?

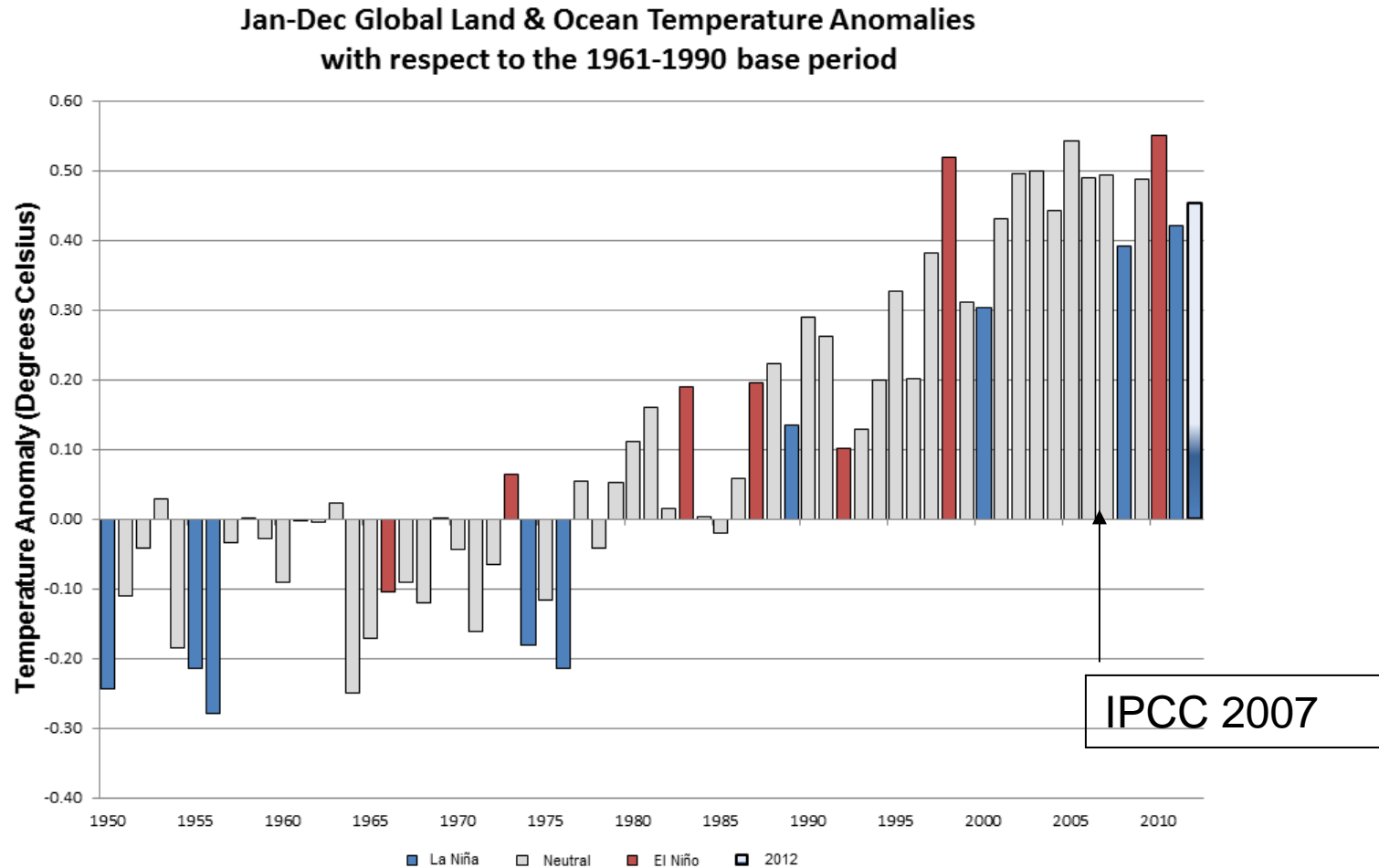
- Use all sources of available information (models and empirical)
- Mix them in an “intelligent” way
- Provide probabilistic products meeting users needs
- Verify

Temperaturas globales y calentamiento global: evidencia de la crisis

Los 12 años más cálidos:
 1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006,
 2001, 1997, 1995, 1999, 1990, 2000



WMO Annual Climate Statement Confirms 2012 as Among Top Ten Warmest

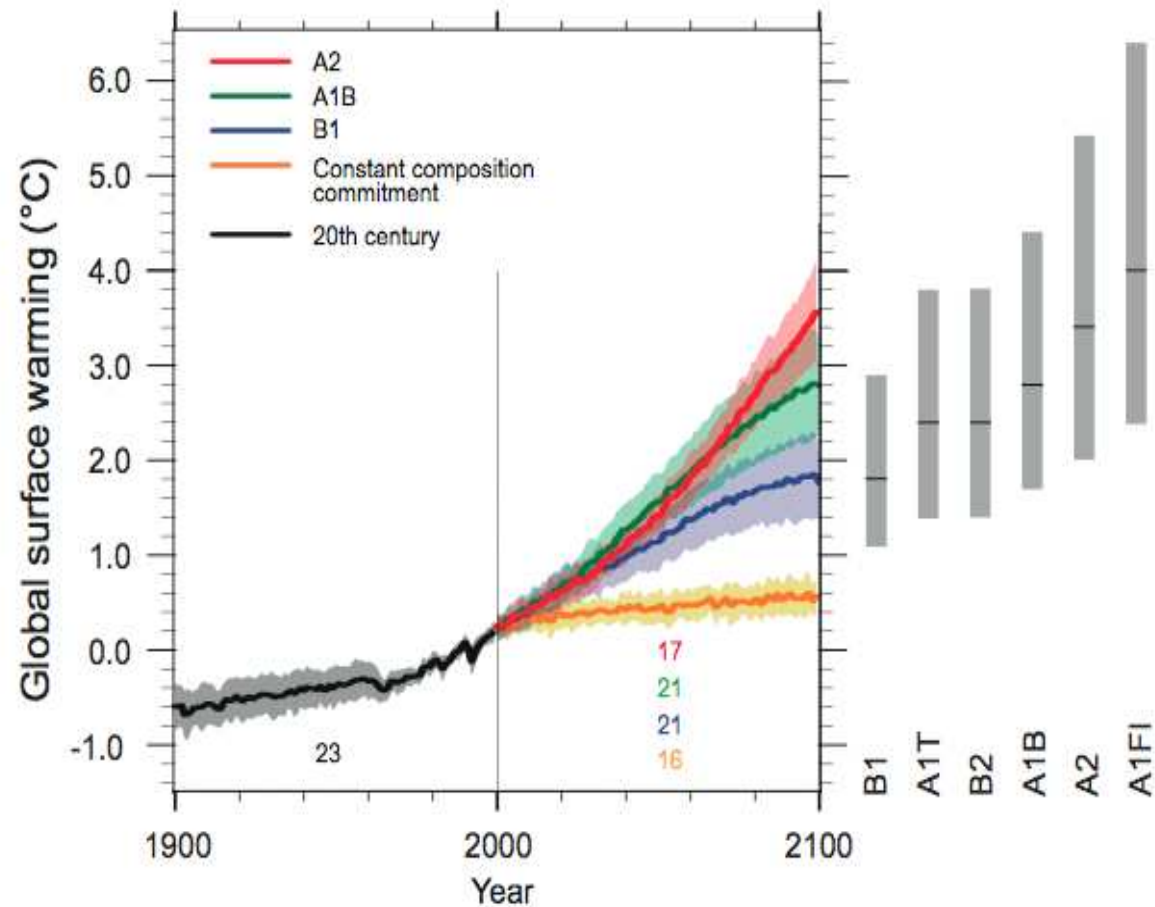


Projections of Future Changes in Climate

Best estimate for low scenario (B1) is 1.8°C (*likely range is 1.1°C to 2.9°C*), and for high scenario (A1FI) is 4.0°C (*likely range is 2.4°C to 6.4°C*).

Next two decades: $0.2^{\circ}/\text{dec}$ approx.

Broadly consistent with span quoted for SRES in TAR, but not directly comparable

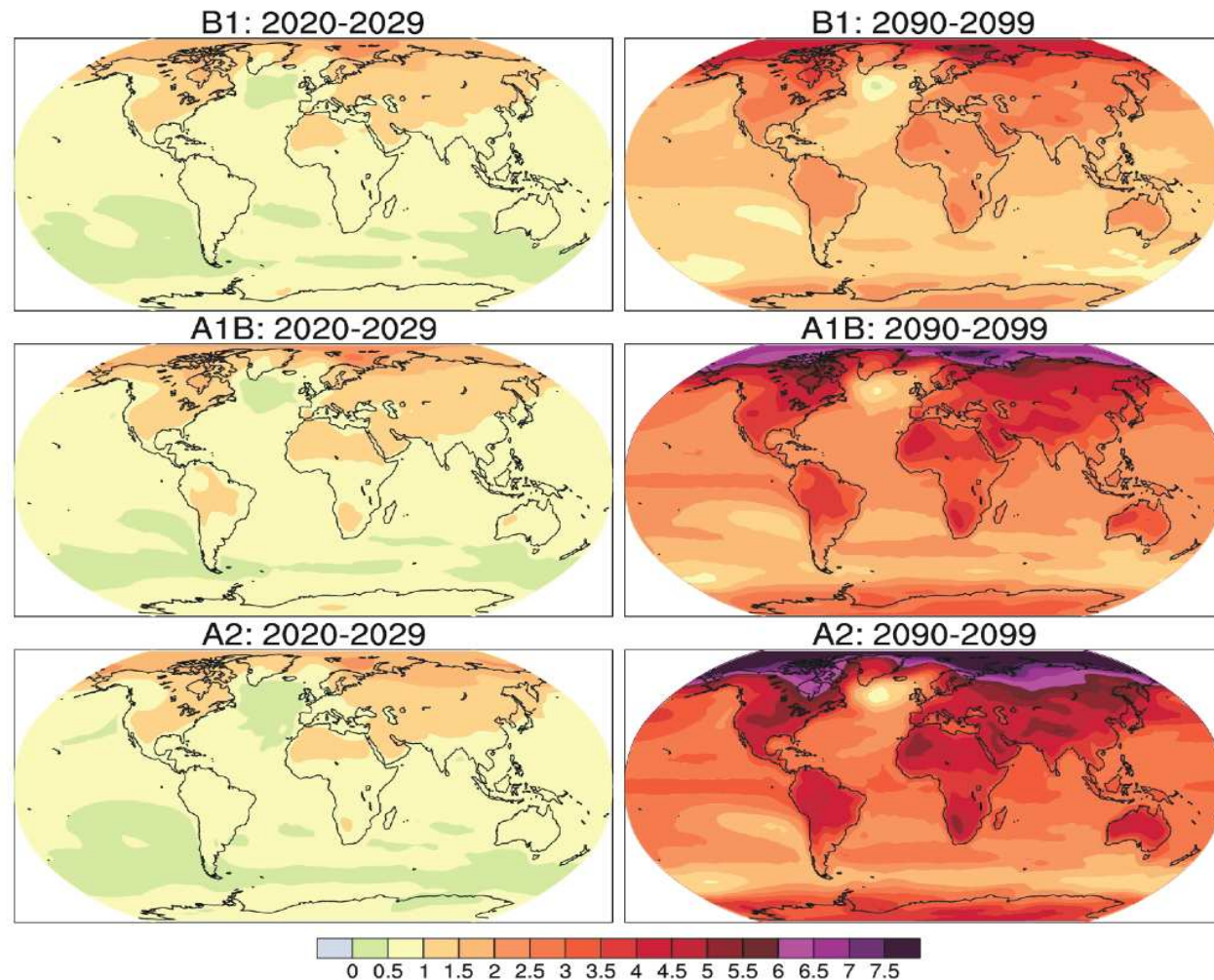


Projections of Future Changes in Climate

Projected warming in 21st century expected to be

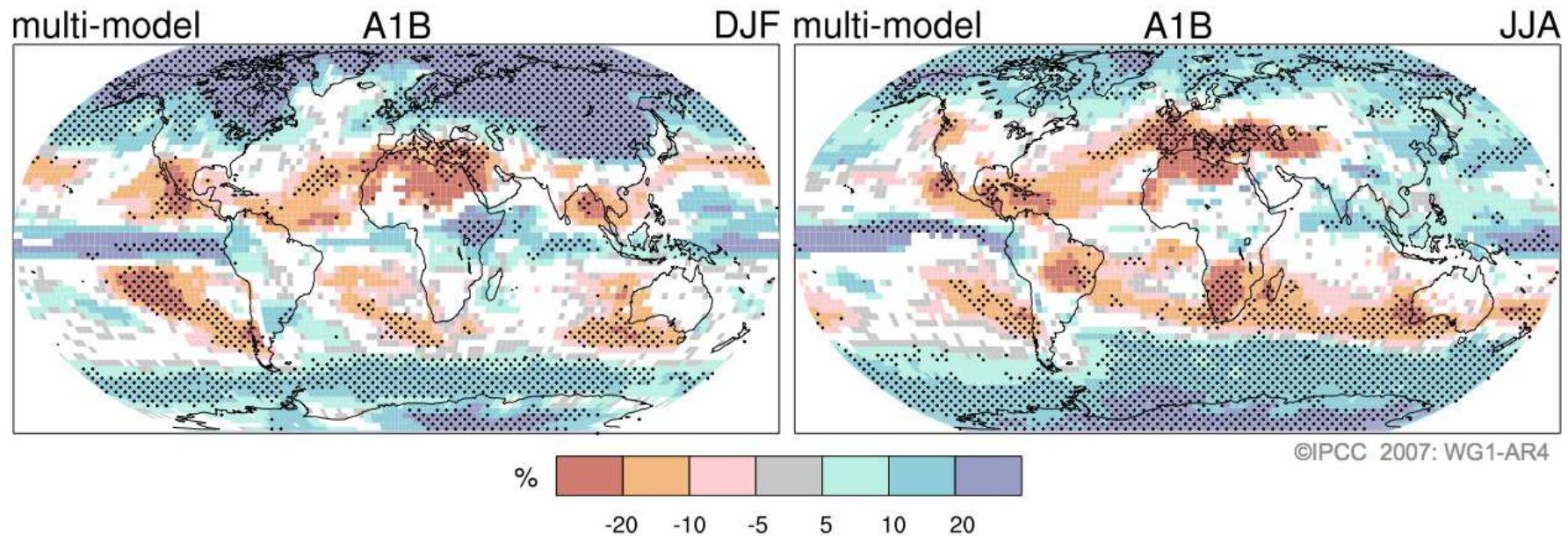
greatest over land and at most high northern latitudes

and **least** over the Southern Ocean and parts of the North Atlantic Ocean



Projections of Future Changes in Climate

Projected Patterns of Precipitation Changes

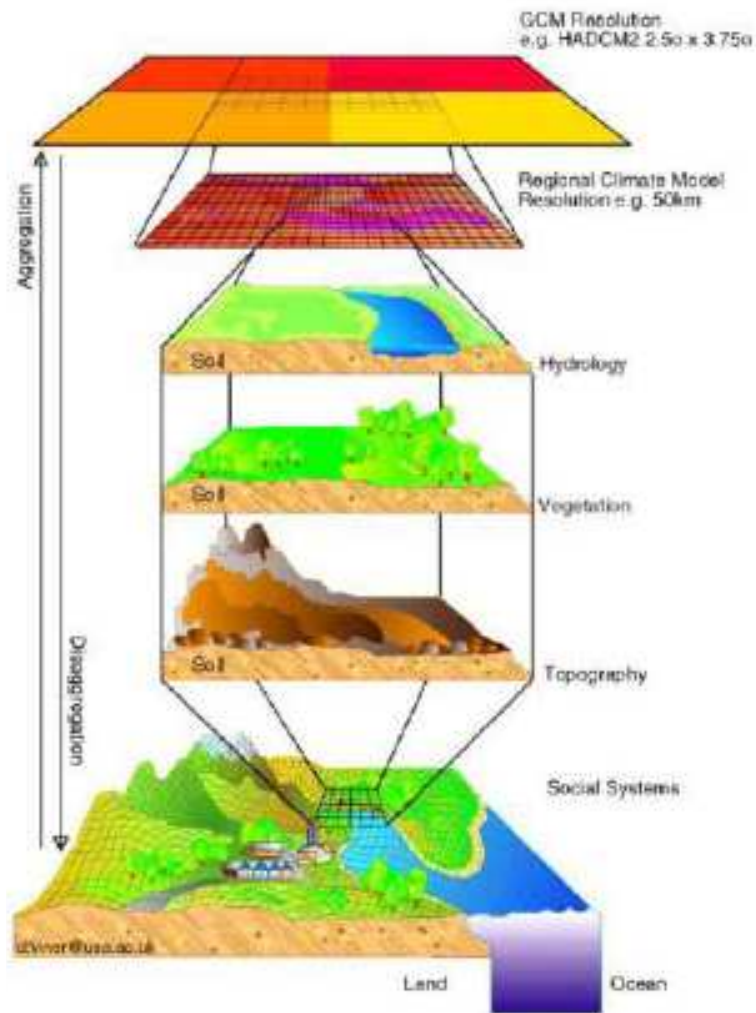


Precipitation **increases** *very likely* in high latitudes

Decreases *likely* in most subtropical land regions

(stippling → more than 90% of the models agree on the sign of the change)

¿Qué es la regionalización? (Top-down approach)



* Las proyecciones directas de las variables superficiales a partir de los GCMs es difícil a escala subcontinental y a altas resoluciones temporales.

* Las técnicas de regionalización combinan salidas de GCMs con datos observacionales para mejorar la escala temporal y espacial de las proyecciones de cambio climático.

* Las técnicas de regionalización se conocen y se han aplicado desde los 70s y 80s en PNT:

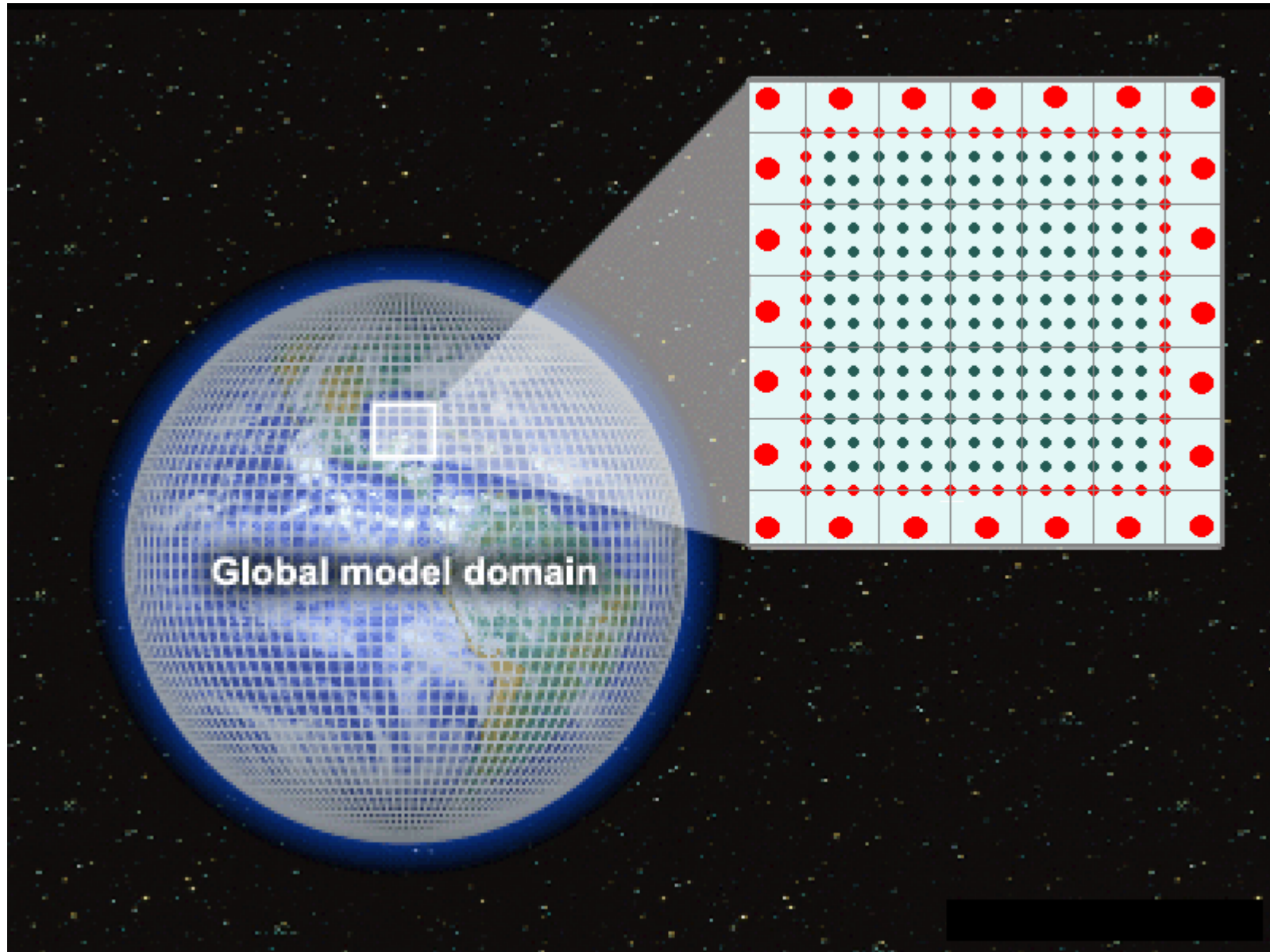
(i) LAMs

(ii) Técnicas de adaptación estadística basadas en regresiones lineales, p.e., MOS, Perfect Prog.

¿Por qué es necesaria la regionalización?

- Variables de sup. adaptadas a características locales.
- Estimar extremos: AOGCMs “suavizan”
- Adaptar res. esp/temp a los modelos de impactos

Regionalización dinámica



Servicios climáticos

- Datos climatológicos
- Vigilancia del clima
- Predicción estacional
- Cambio climático
- I+D+i
- Conocer más
- Perfil del contratante
- Anuncios
- Quiénes somos

Datos climatológicos

Información climatológica básica.

El tiempo

El tiempo en su Web

Municipios españoles

Buscar municipio...

Playas

Montaña

Esperando a http://www.facebook.com/p

Cambio climático

El clima está cambiando como consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero y la deforestación. En este apartado se incluyen las series de datos climatológicos, y proyecciones de escenarios de emisión.

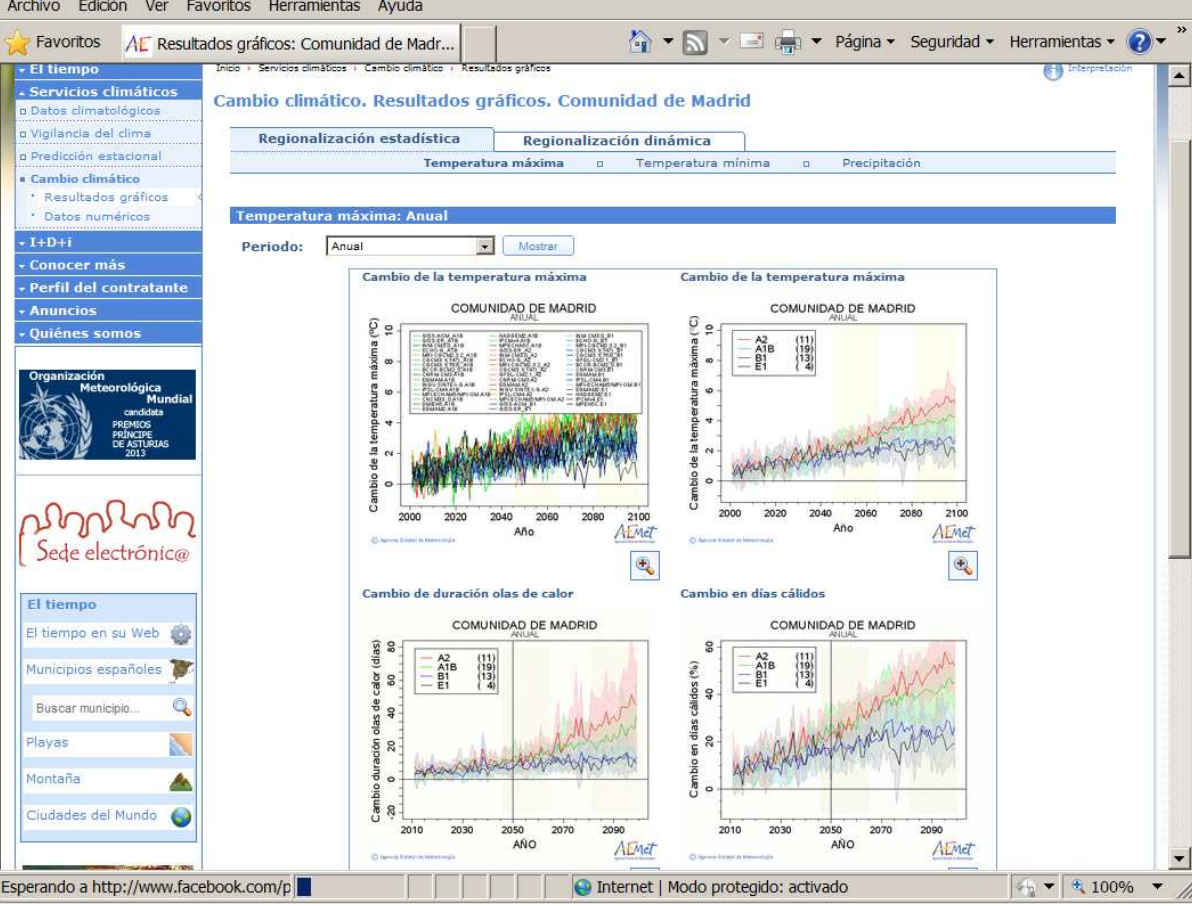
Datos climatológicos

- Resultados gráficos
- Datos numéricos

Resultados

Gráficos de proyecciones regionalizadas cambio climático el siglo XXI.

Esperando a http://www.facebook.com/p



Datos mensuales - Rejilla - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España - Windows Internet Explorer

http://wwwpre.aemet.es/es/web/serviciosclimaticos/cambio_climat/datos_mensuale

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Favoritos Datos mensuales - Rejilla - Agencia Estat...

Bienvenido Benvinguts Benvidos Benvinguts Ongi etorn Welcome Bienvenue

Web móvil Enlaces Noticias Mapa web Ayuda web Contactar

Buscador: Introdúzca texto

Inicio > Servicios climáticos > Cambio climático > Datos mensuales

Datos mensuales

Las denominadas proyecciones regionalizadas de cambio climático (también llamados escenarios) proporcionan información detallada sobre las mejores estimaciones del clima futuro de nuestro país, que constituyen un elemento imprescindible para llevar a cabo las evaluaciones de impactos y vulnerabilidad en los distintos sectores sensibles, y por tanto para diseñar políticas adecuadas de adaptación a sus efectos.

En el marco del Plan Nacional de Adaptación (PNACC) se ha elaborado una completa colección actualizada de proyecciones regionalizadas (escenarios) de cambio climático para España y de productos derivados, denominada Escenarios-PNACC 2012, que se pone a libre disposición de todos aquellos organismos, instituciones, empresas y personas interesados en evaluar los impactos, la vulnerabilidad y las opciones de adaptación al cambio climático en su área de actividad o interés, y se constituyen en los escenarios de referencia del PNACC.

Los productos de Escenarios-PNACC 2012 se han elaborado con el objetivo de facilitar su uso y aplicación a diversos perfiles de usuario, con mayor o menor grado de especialización.

Rejilla Puntuales

Variable	Escenario	Proyecto	Formato
Todas	Todos	Todos	Todos
Tª máxima	20C3M	AEMET	TXT
Tª mínima	CTL	ENSEMBLES	SIC
Precipitación total acumulada	B1	ESCENA	
Velocidad del viento a 10m	A1B	ESTCENA	
Velocidad máxima del viento a 10m	A2		
Humedad relativa			
Percentil 95 de la temperatura máxima diaria			
Percentil 5 de la temperatura mínima diaria			
Percentil 95 de la precipitación diaria			
Nº de días con temperatura mínima < 0ºC			
Nº de días con temperatura mínima > 20ºC (noches tropicales)			
Precipitación máxima en 24h			

Buscar Limpiar

Compartir: 0

Ver en PDF Imprimir Volver

Los modelos climáticos constituyen la mejor herramienta actualmente disponible para estimar como afectarán los cambios de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en los cambios en el clima. A medida que mejora el conocimiento de los

Esperando a http://wwwpre.aemet.es/es/ Internet | Modo protegido: activado 100%

Resultados gráficos: Península y Baleares - Reg. est. análogos - Prec. - Agencia Estatal de Met - Windows Internet Explorer

http://www.pre.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos?w=0&

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Favoritos Resultados gráficos: Península y Baleares...

Servicios climáticos

- Datos climatológicos
 - Vigilancia del clima
 - Predicción estacional
- Cambio climático
 - Resultados gráficos
 - Datos diarios
 - Datos mensuales
- I+D+i
- Conocer más
- Perfil del contratante
- Anuncios
- Quiénes somos

Organización Meteorológica Mundial
candidata
PREMIOS PRINCIPE DE ASTURIAS 2013

Sede electrónica

El tiempo

El tiempo en su Web

Municipios españoles

Buscar municipio...

Playas

Montaña

Ciudades del Mundo

Mapas. Regionalización estadística análogos. Península y Baleares

Reg. est. análogos | Reg. est. regresión | Reg. din. ENSEMBLES

Tmax. | Tmin. | Prec.

Precipitación: Anual. Escenario: A2

Periodo: Anual | Escenario: A2 | Mostrar

2046-2065

Valor medio

SRESA2 2046-2065 ANUAL

Agencia Estatal de Meteorología

2081-2100

Valor medio

SRESA2 2081-2100 ANUAL

Agencia Estatal de Meteorología

2046-2065

Incertidumbre

SRESA2 2046-2065 ANUAL

Agencia Estatal de Meteorología

2081-2100

Incertidumbre

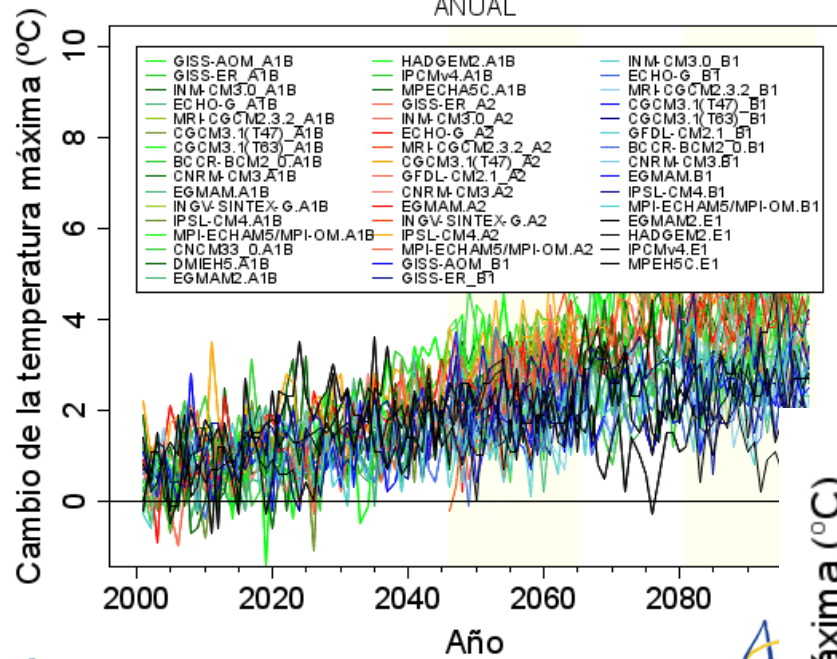
SRESA2 2081-2100 ANUAL

Agencia Estatal de Meteorología

Internet | Modo protegido: activado

100%

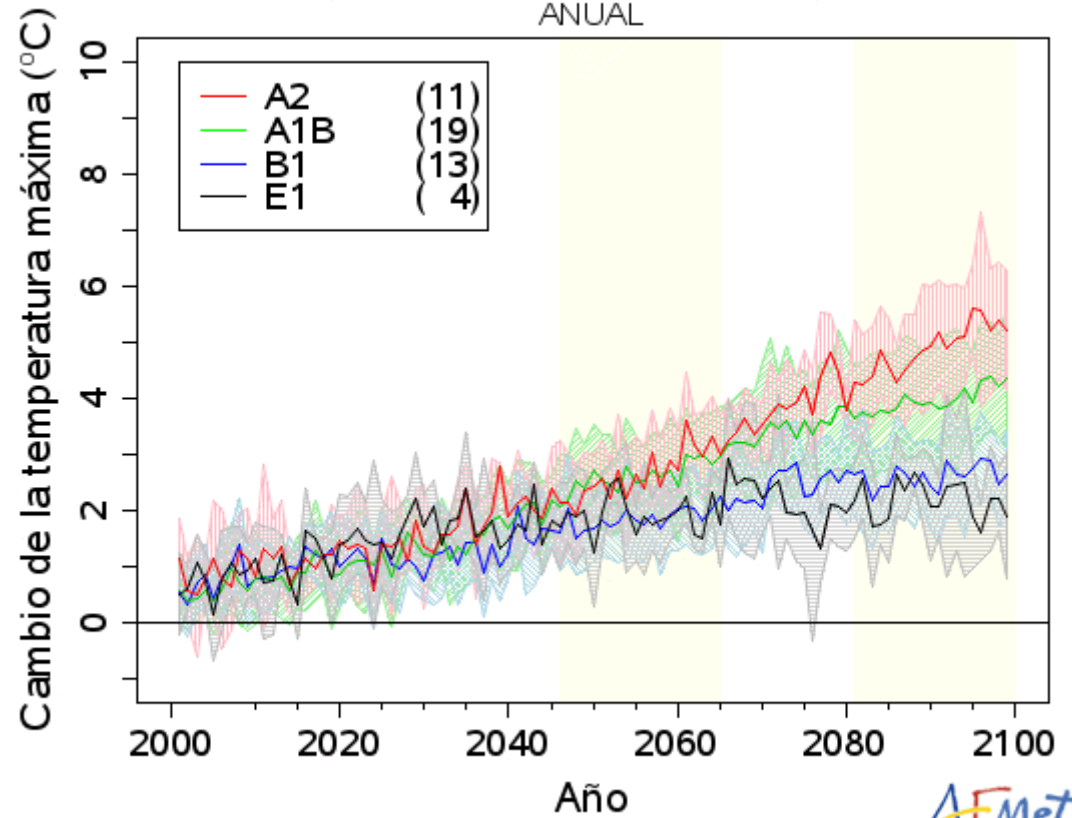
COMUNIDAD DE MADRID ANUAL



© Agencia Estatal de Meteorología



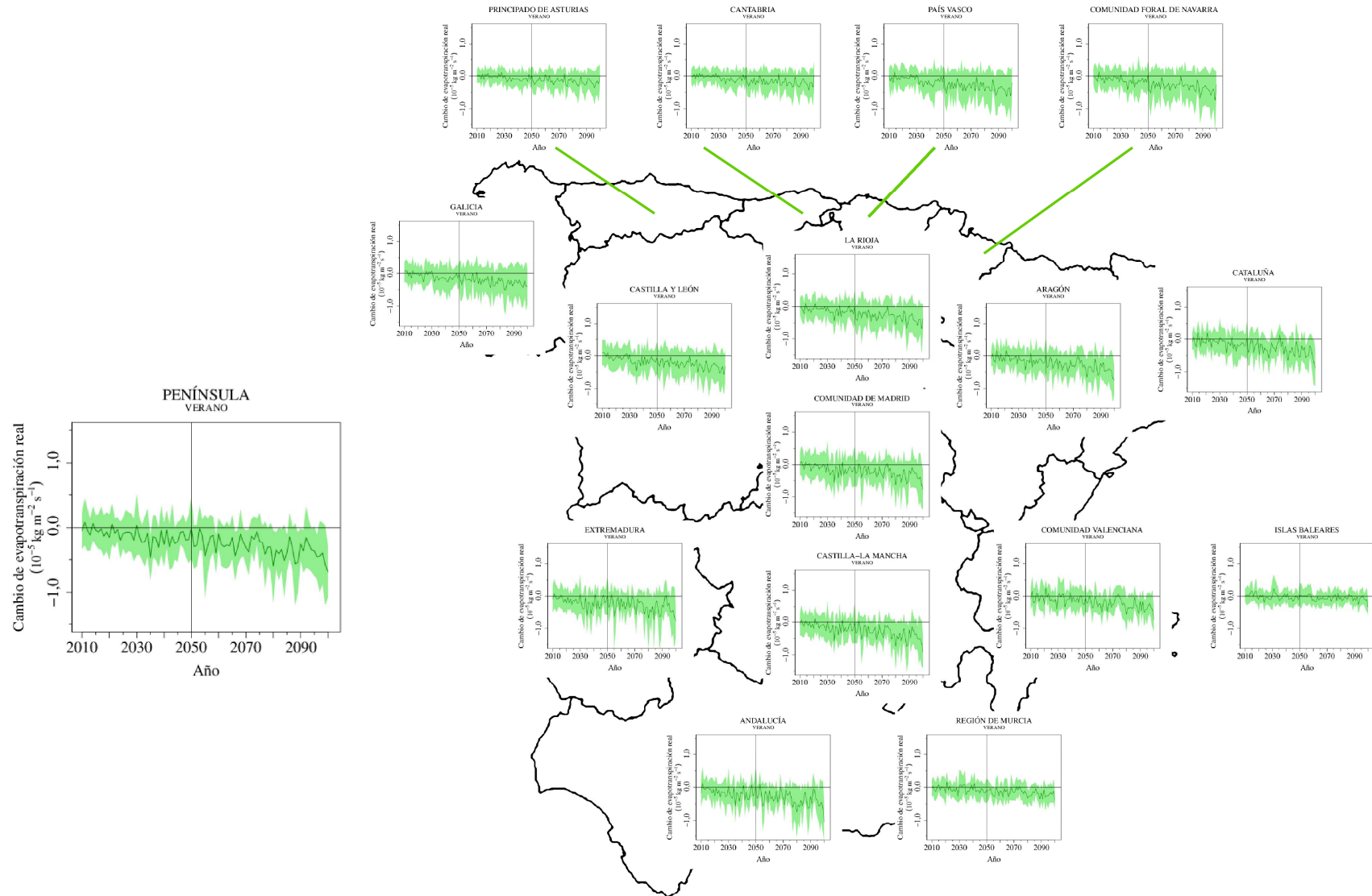
COMUNIDAD DE MADRID ANUAL



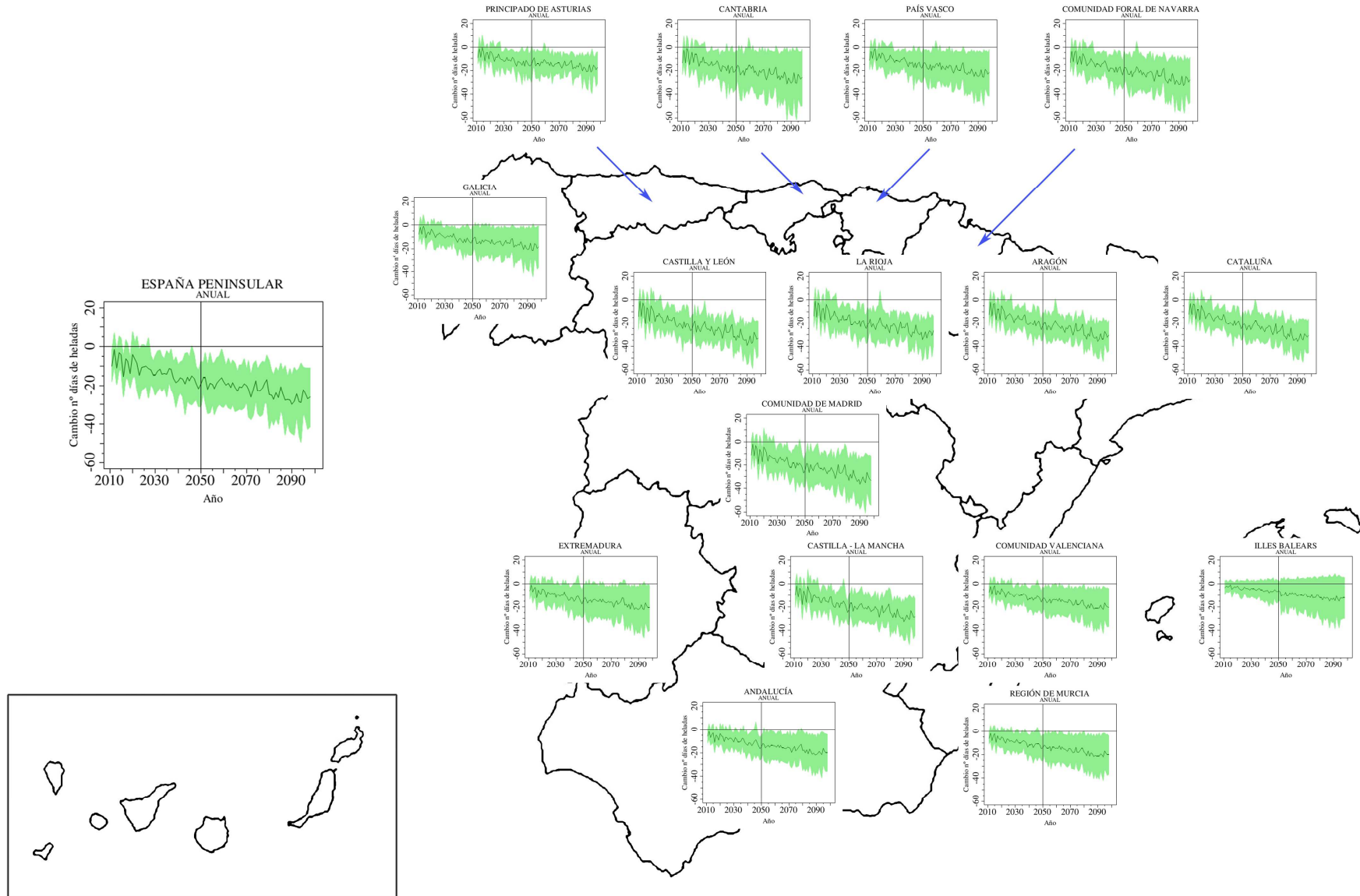
© Agencia Estatal de Meteorología



Cambio de Evapotranspiración real (Verano)



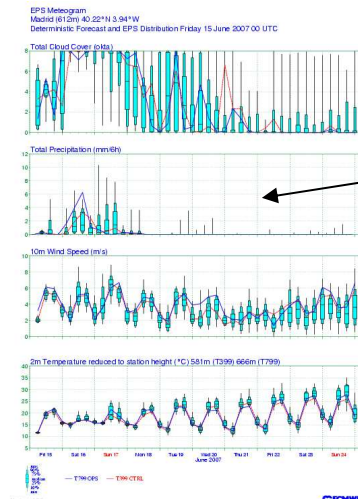
Cambio nº de días de heladas (Anual)



Uncertainties in climate change projections

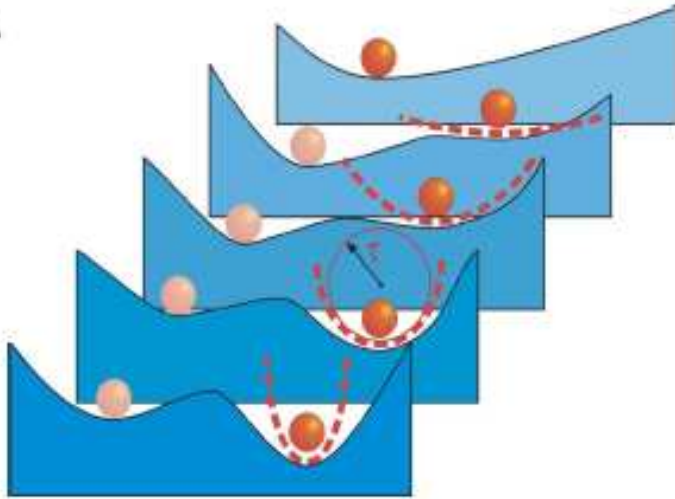
**UNCERTAINTY
DOESN'T MEAN
TOTAL LACK OF
KNOWLEDGE!!**

- Natural forcing (sun, volcanoes) ←
- GHG emissions ←
- GHG concentrations ←
- AOGCM differences ←
- Internal variability (IC dependency) ←
- Downscaling techniques ←
- Tipping points



- The uncertainty studies are something relatively new in atmospheric sciences. Only recently uncertainty (probabilistic approach) was introduced in our forecasts/projections
- Dealing with lack of knowledge and uncertainties → a task for risk management

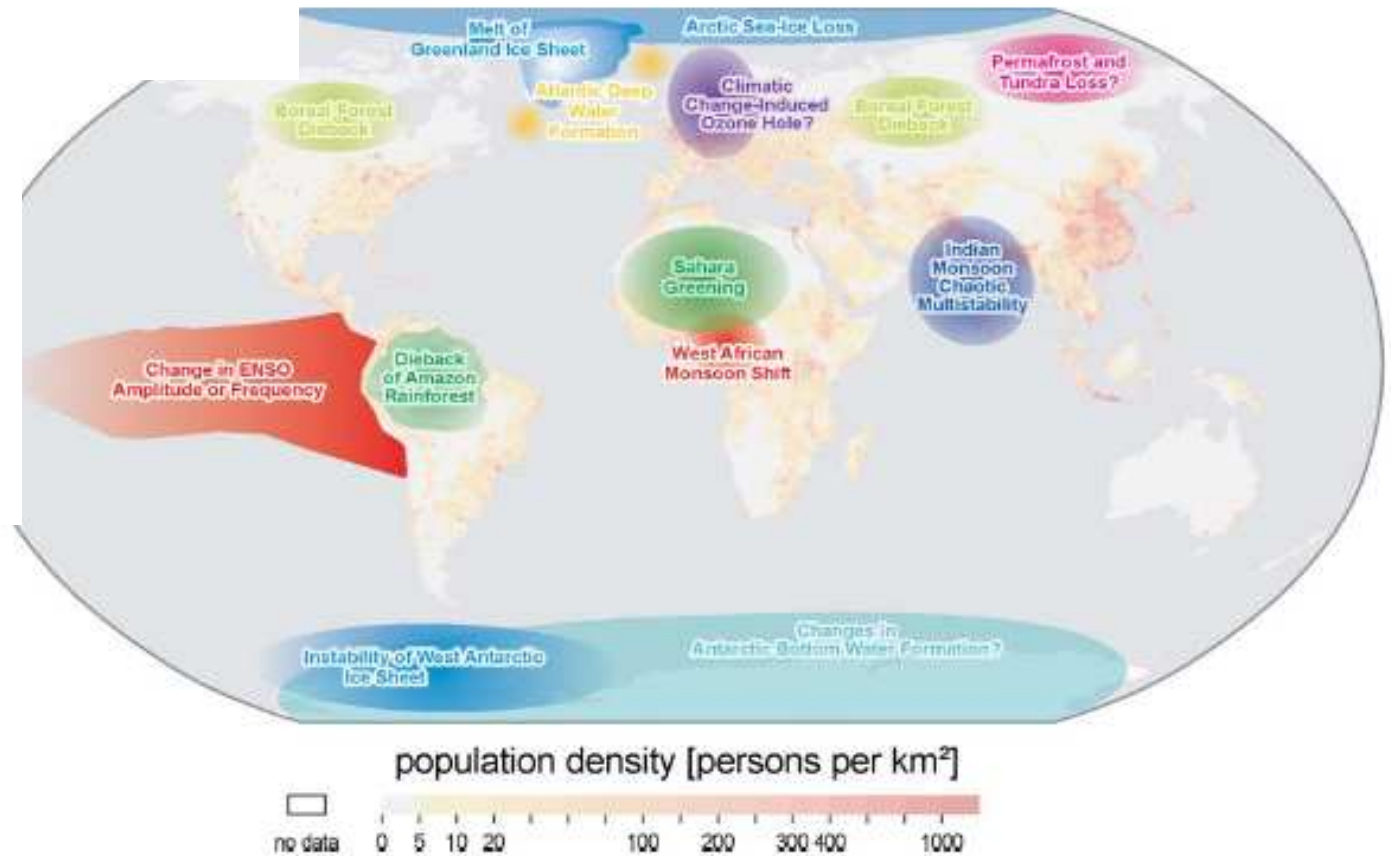
A



“Tipping points” sobrepasables este siglo

Small changes can
produce big long term
effects

Ex.: forced convection!!



(Lenton et al., 2008)

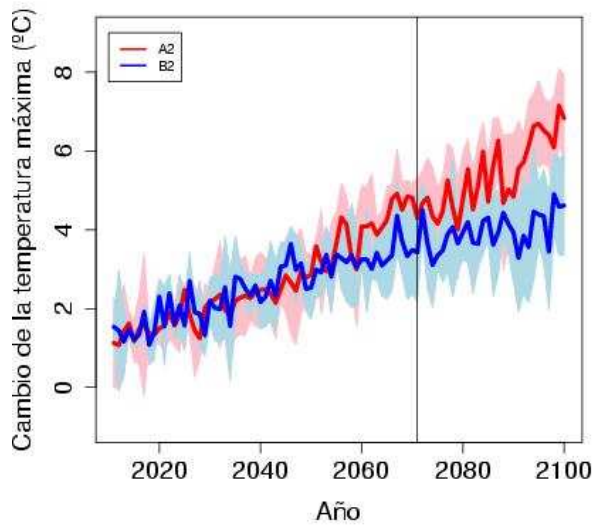
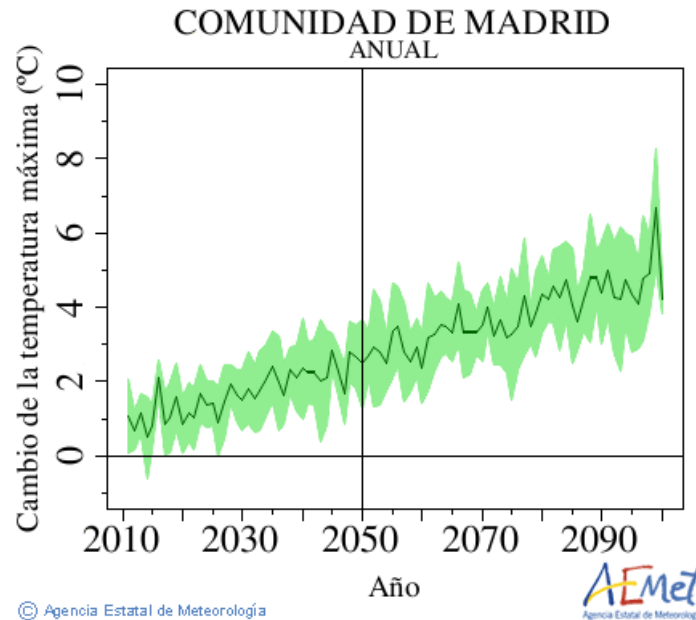
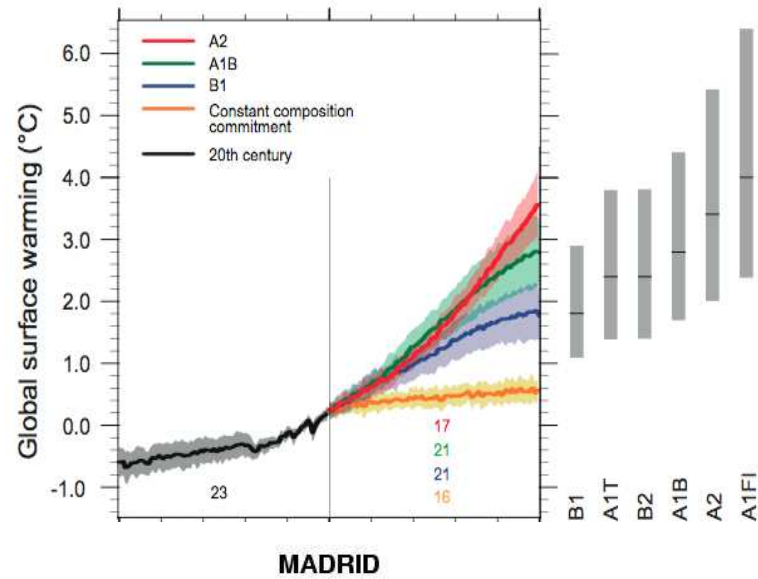
Tipping points (II)

Tipping element	Feature of system, F (direction of change)	Control parameter(s), p	Critical value(s), $^{\dagger} p_{crit}$	Global warming**	Transition timescale, $^{\dagger} T$	Key Impacts
Arctic summer sea-ice	Areal extent (-)	Local ΔT_{air} , ocean heat transport	Unidentified [§]	+0.5–2°C	~ 10 yr (rapid)	Amplified warming, ecosystem change
Greenland Ice sheet (GIS)	Ice volume (-)	Local ΔT_{air}	+~3°C	+1–2°C	>300 yr (slow)	Sea level +2–7 m
West Antarctic Ice sheet (WAIS)	Ice volume (-)	Local ΔT_{air} , or less ΔT_{ocean}	+~5–8°C	+3–5°C	>300 yr (slow)	Sea level +5 m
Atlantic thermohaline circulation (THC)	Overturning (-)	Freshwater input to N Atlantic	+0.1–0.5 Sv	+3–5°C	~ 100 yr (gradual)	Regional cooling, sea level, ITCZ shift
El Niño–Southern Oscillation (ENSO)	Amplitude (+)	Thermocline depth, sharpness in EEP	Unidentified [§]	+3–6°C	~ 100 yr (gradual)	Drought in SE Asia and elsewhere
Indian summer monsoon (ISM)	Rainfall (-)	Planetary albedo over India	0.5	N/A	~ 1 yr (rapid)	Drought, decreased carrying capacity
Sahara/Sahel and West African monsoon (WAM)	Vegetation fraction (+)	Precipitation	100 mm/yr	+3–5°C	~ 10 yr (rapid)	Increased carrying capacity
Amazon rainforest	Tree fraction (-)	Precipitation, dry season length	1,100 mm/yr	+3–4°C	~ 50 yr (gradual)	Biodiversity loss, decreased rainfall
Boreal forest	Tree fraction (-)	Local ΔT_{air}	+~7°C	+3–5°C	~ 50 yr (gradual)	Biome switch
Antarctic Bottom Water (AABW)*	Formation (-)	Precipitation–Evaporation	+ 100 mm/yr	Unclear [¶]	~ 100 yr (gradual)	Ocean circulation, carbon storage
Tundra*	Tree fraction (+)	Growing degree days above zero	Missing	—	~ 100 yr (gradual)	Amplified warming, biome switch
Permafrost*	Volume (-)	$\Delta T_{permafrost}$	Missing	—	<100 yr (gradual)	CH ₄ and CO ₂ release
Marine methane hydrates*	Hydrate volume (-)	$\Delta T_{sediment}$	Unidentified [§]	Unclear [¶]	10 ³ to 10 ⁵ yr (> T_E)	Amplified global warming
Ocean anoxia*	Ocean anoxia (+)	Phosphorus input to ocean	+~20%	Unclear [¶]	~ 10 ⁴ yr (> T_E)	Marine mass extinction
Arctic ozone*	Column depth (-)	Polar stratospheric cloud formation	195 K	Unclear [¶]	<1 yr (rapid)	Increased UV at surface



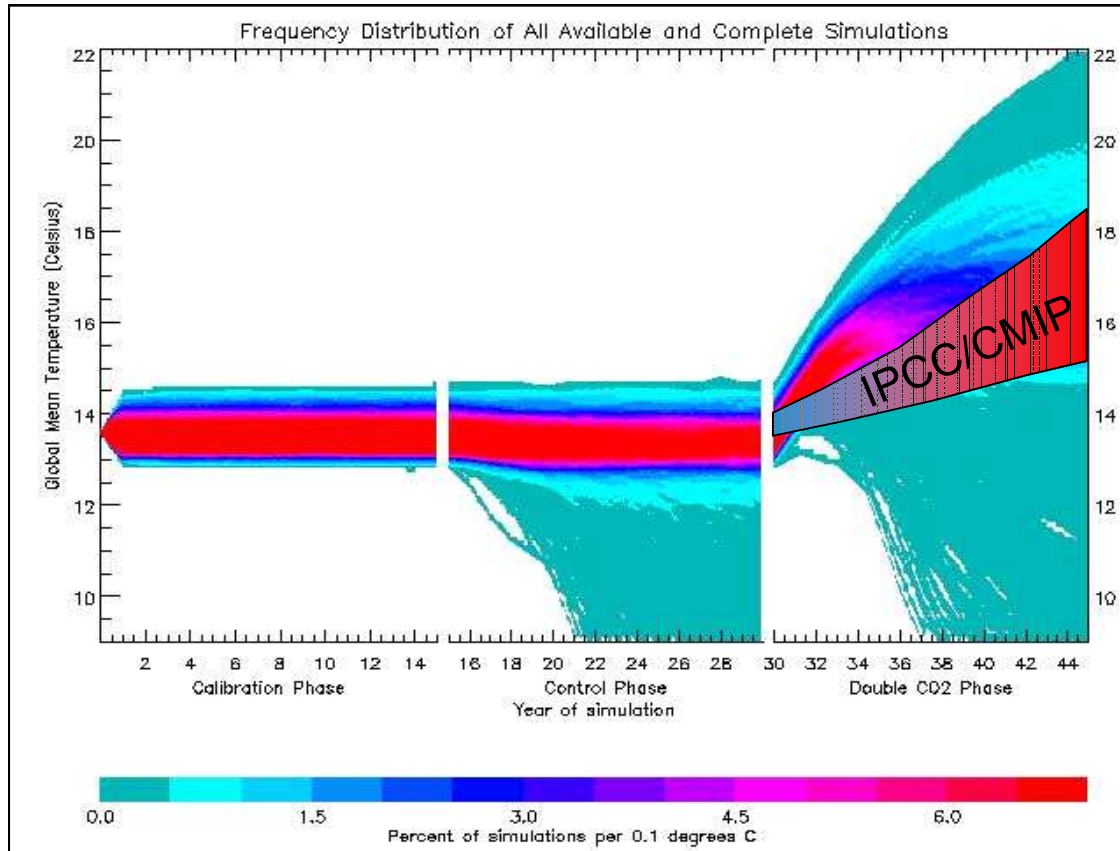
Tipping element	Feature of system, F (direction of change)	Control parameter(s), p	Critical value(s), [†] p_{crit}	Global warming ^{††}	Transition timescale, [†] T	Key impacts
Amazon rainforest	Tree fraction (-)	Precipitation, dry season length	1,100 mm/yr	+3–4°C	~50 yr (gradual)	Biodiversity loss, decrease rainfall

Incertidumbres



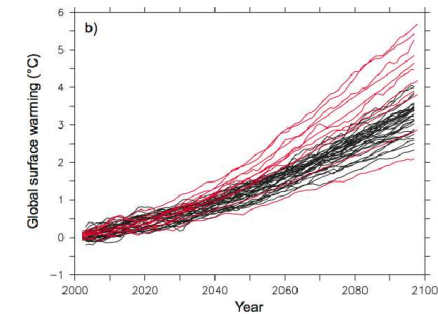
¿Exploramos suficientemente las incertidumbres? No → Ensemble de oportunidad!!

EI IPCC NO explora suficientemente las incertidumbres!! → mega-ensembles



Frequency distribution of global mean temperature response to doubled CO₂ produced by CP.net, compared with the IPCC (2001) range.

Source: Staniforth et al. (2005)

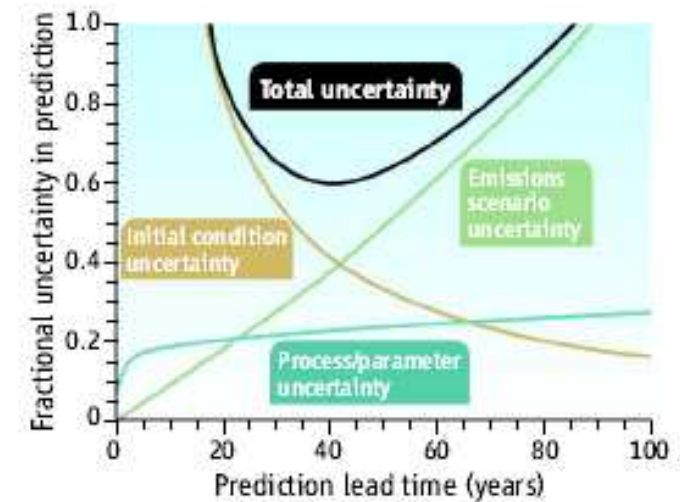


IPCC AR4 Fig. 10.20

Models with CO₂-only: black lines

Models with CO₂ plus carbon cycle: colored lines

Adding carbon cycle feedback produces greater uncertainty for larger warming; unclear as to size and nature of carbon cycle feedback



(Cox & Stephenson, 2007)

Algunas conclusiones

- Tanto las predicciones estacionales como las proyecciones de cambio climáticos deben expresarse en términos probabilísticos.
- Muchas fuentes de información → necesidad de integrar todas ellas en un marco probabilístico que combine todas las fuentes de información
- Los modelos climáticos proporcionan directamente muchos productos de la componente Tierra (EVT, Runoff, SM, ...)
- Baja predecibilidad a escala estacional sobre nuestra zona salvo en ventanas de oportunidad.



¡Gracias por su atención!