

On summertime feedback  
mechanisms of subtropical highs for  
physically based evaluation of CMIP5  
climate models



# Evaluación de los modelos climáticos CMIP5 a través de la dinámica de retroalimentación de los anticiclones subtropicales de verano

Carmen Sánchez de Cos(1), Jose M. Sánchez-Laulhé(1), Carlos Jiménez-Alonso(1)  
y Ernesto Rodríguez-Camino(2)

(1)AEMET, Centro Meteorológico de Málaga, Demóstenes 4, 29010 Málaga, Spain

(2)AEMET, Servicios Centrales, Leonardo Prieto Castro 8, 28040 Madrid, Spain

- Analizamos la simulación del sistema de retroefectos responsable de la dinámica de los anticiclones subtropicales en verano para evaluar los modelos climáticos CMIP5.
- Intento de método de evaluación basado en la física con una métrica basada directamente en la corrección del acoplamiento entre los subsistemas del sistema climático: atmósfera, océano, suelo.

## La elección motivada por:

- la importancia de las altas subtropicales tanto en climas regionales como en el clima global
- En particular el alta de las Azores condiciona el clima en el sur de Europa y NO de África
- Por debajo de los descensos en el este de los anticiclones subtropicales yacen nubes estratiformes marinas con gran peso en el balance de radiación global por su gran persistencia y extensión, baja altitud y alta reflectividad (alto CRF negativo). Estas nubes son responsable en gran medida de la incertidumbre en la sensibilidad climática de equilibrio **1.5°C a 4.5°C** (AR5 del IPCC)
- Li et.al 2012: las altas subtropicales de verano del HN se intensificarán en este siglo, por el aumento del contraste de temperaturas tierra-mar causado por el cambio climático

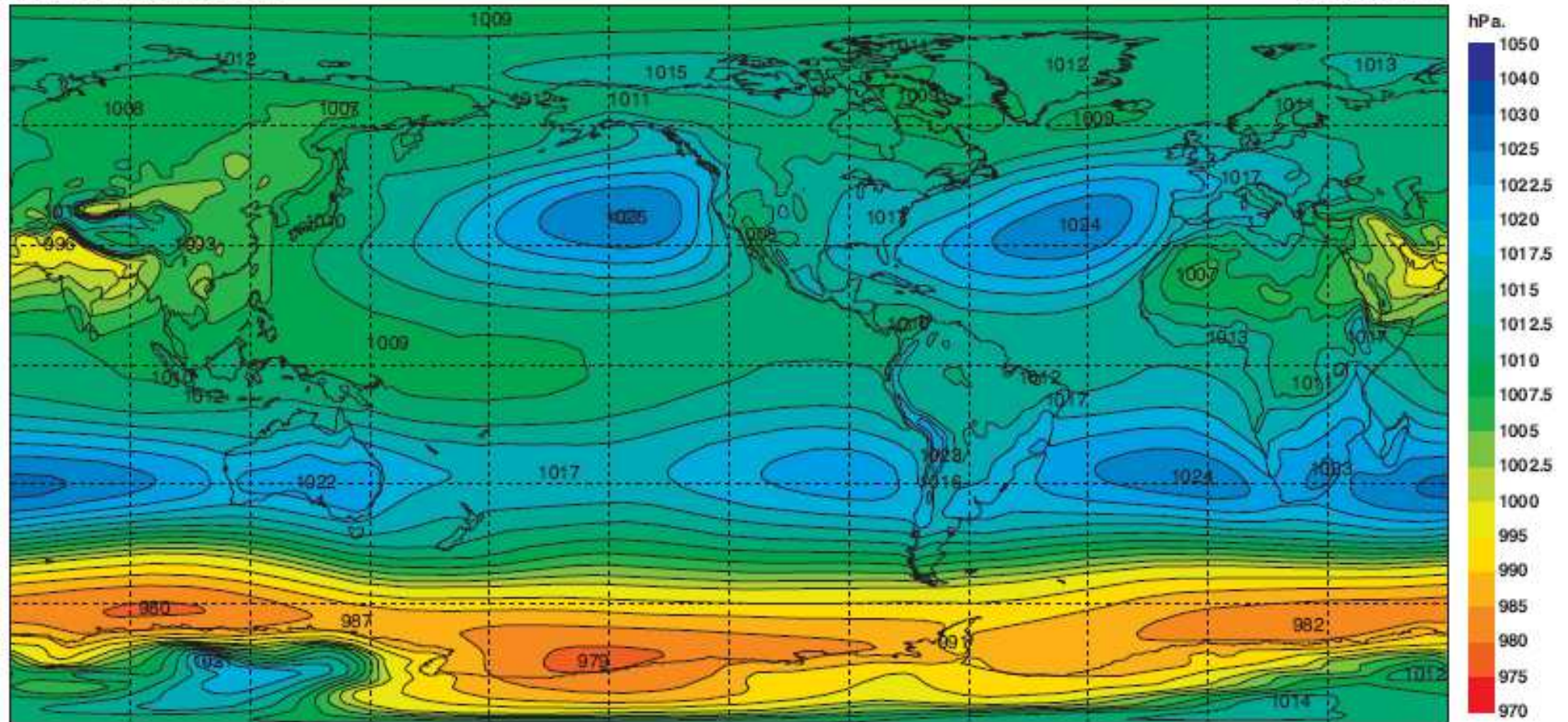


Mean sea level pressure

ERA-40 Atlas



June-August



- Explicación origen de las altas diferente en verano que en invierno (rama descendente de célula de Hadley)



# Velocidad vertical en 700 hPa (Pa/s) junio-agosto



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

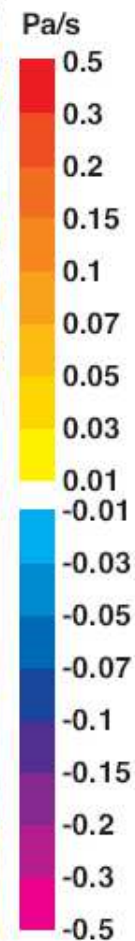
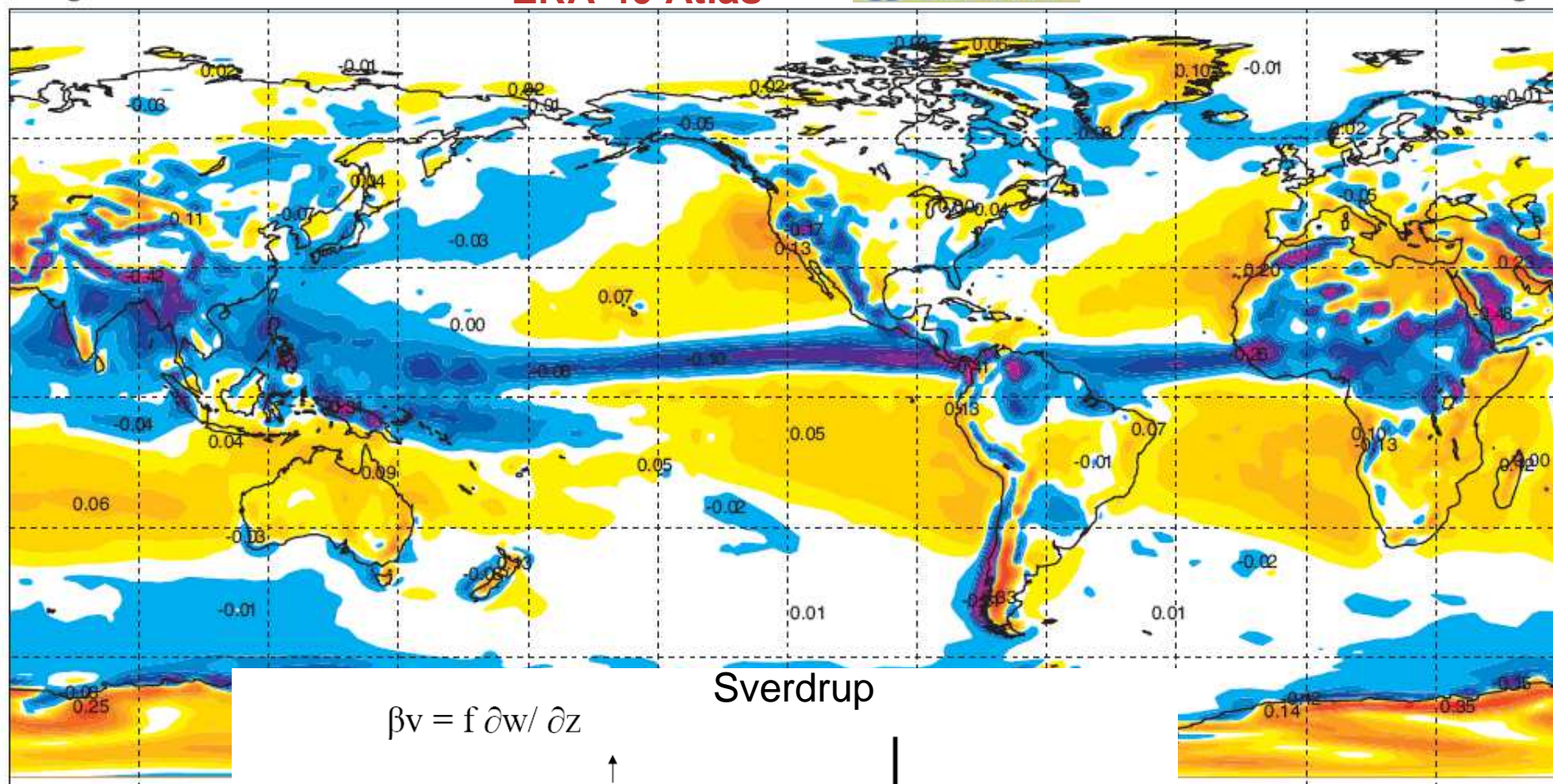
AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

Omega at 700 hPa

ERA-40 Atlas

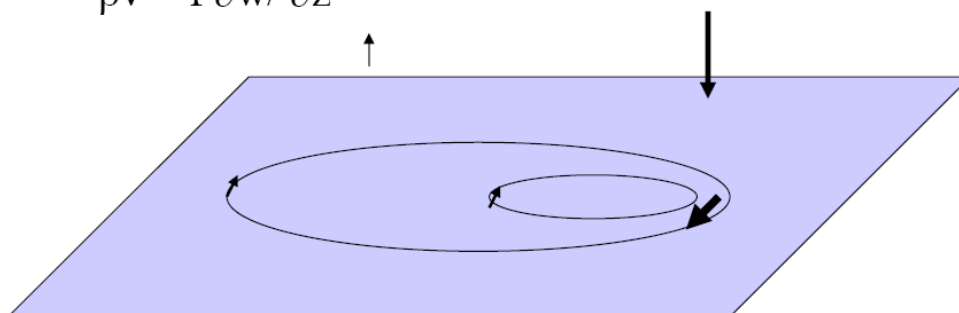
CECMWF

June-August



$$\beta v = f \frac{\partial w}{\partial z}$$

Sverdrup



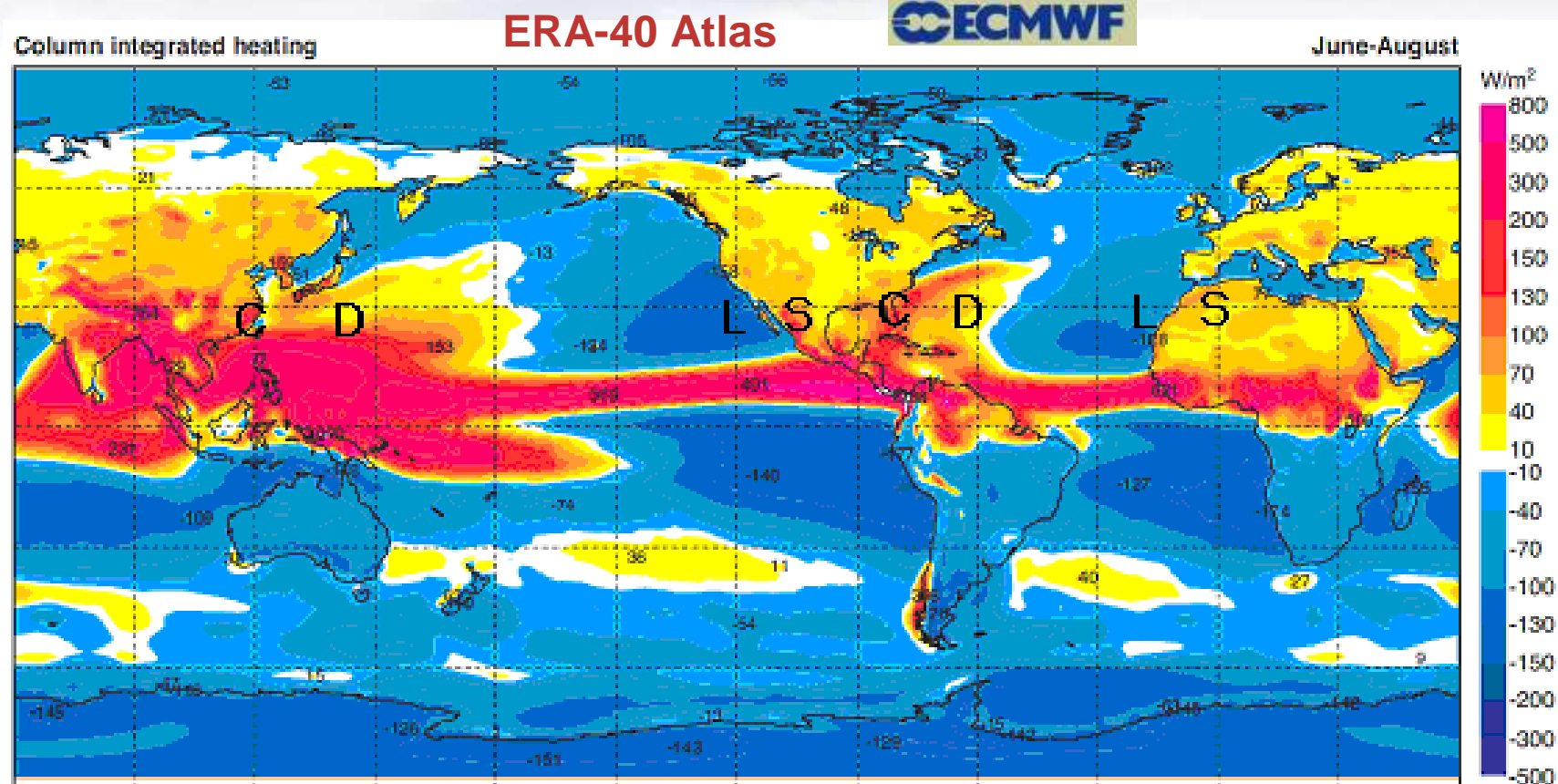
## Ondas planetarias forzadas por la asimetría zonal del calentamiento



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología



predominio un tipo de calentamiento diabático: L, enfriamiento radiativo de onda larga; S, calentamiento sensible; C, el calentamiento por condensación (monzones); y D compartido del calentamiento por condensación y enfriamiento radiativo de onda larga

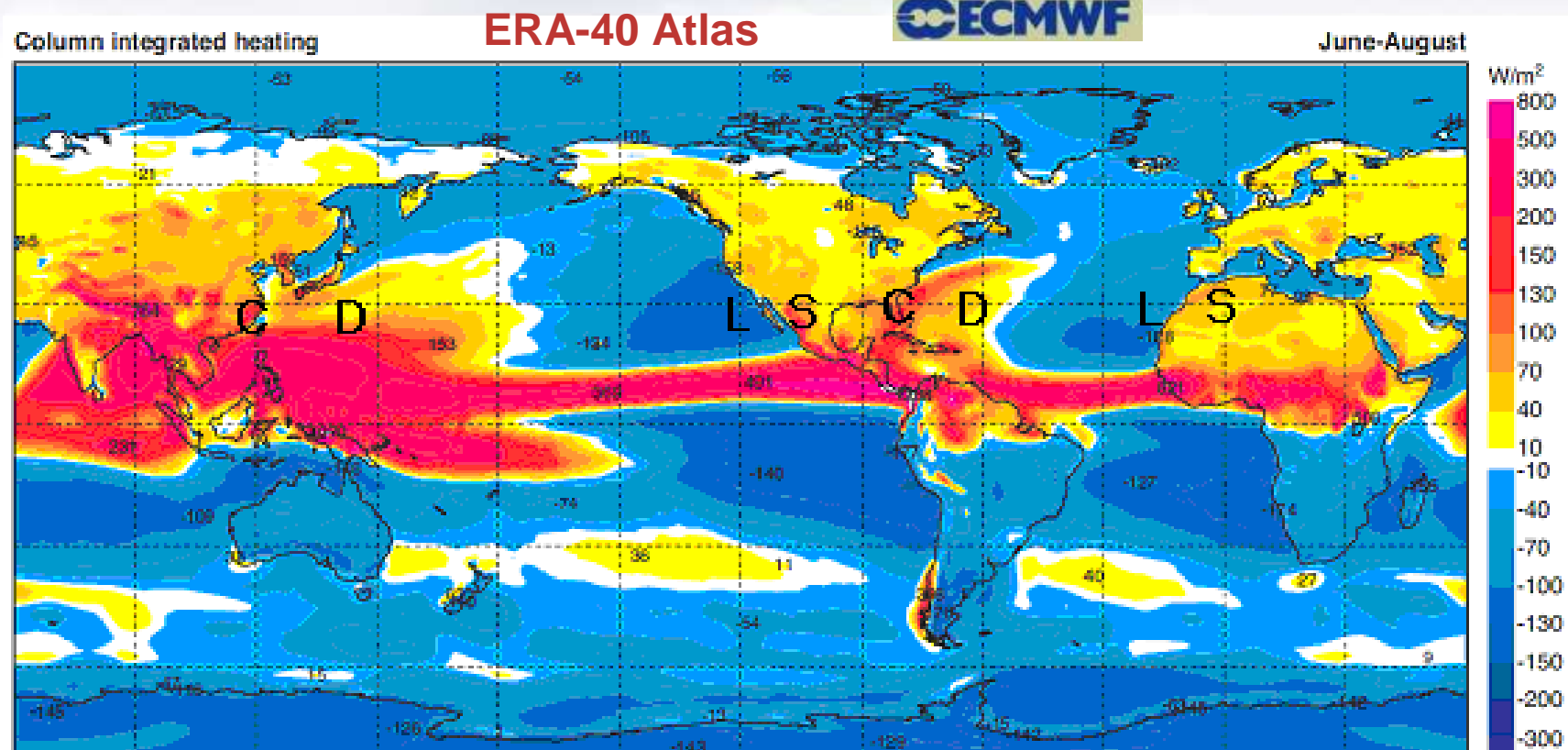
## Ondas planetarias forzadas por la asimetría zonal del calentamiento



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

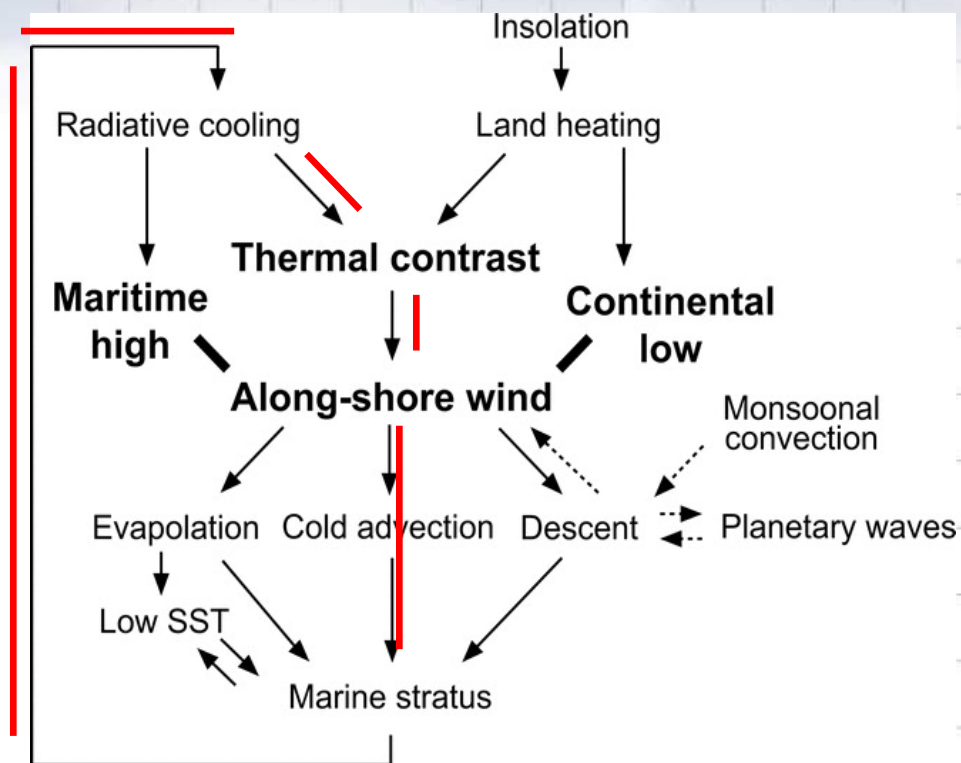
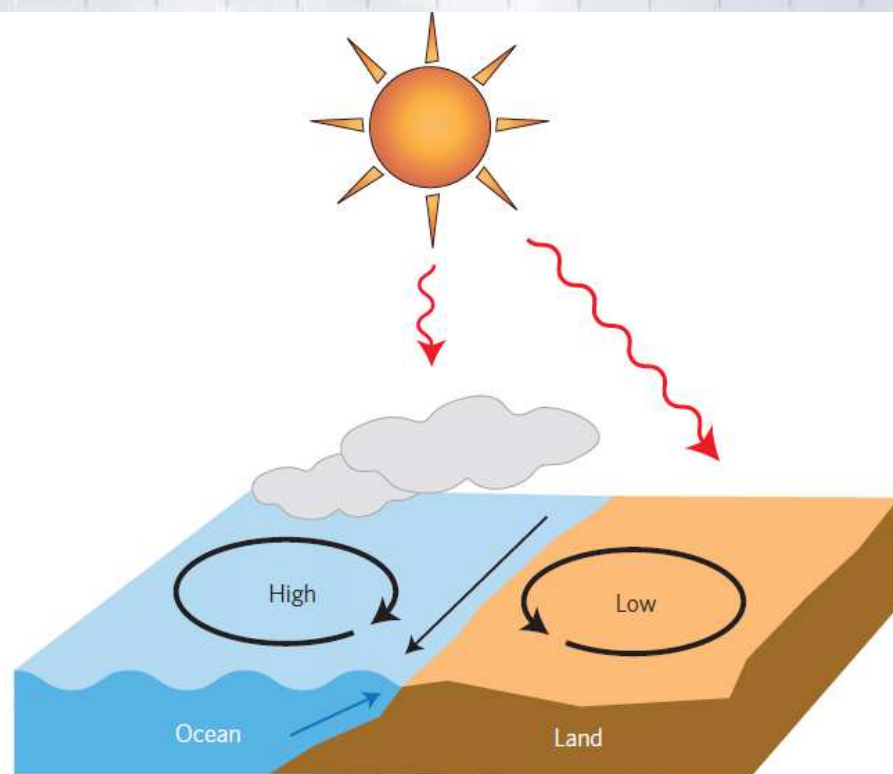


### Explicación anticiclones

Rodwell y Hoskins 2001: ondas de rossby asociada a monzones + orografía + enfriamiento radiativo L

Liu 2003: mecanismo de adaptación térmica: importancia principal calentamiento sensible S + enfriamiento radiativo L



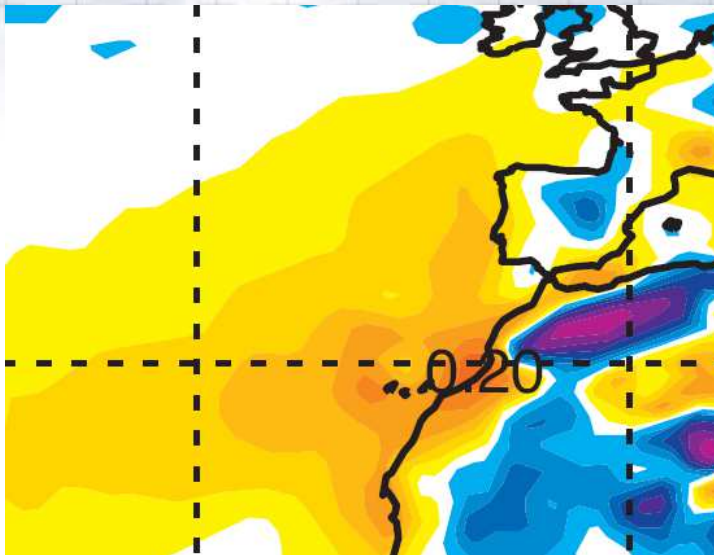


## NATURE GEOSCIENCE 2012

- Método de evaluación de modelos basado en la física, en la corrección del acoplamiento entre los subsistemas del sistema climático: atmósfera, océano, suelo.



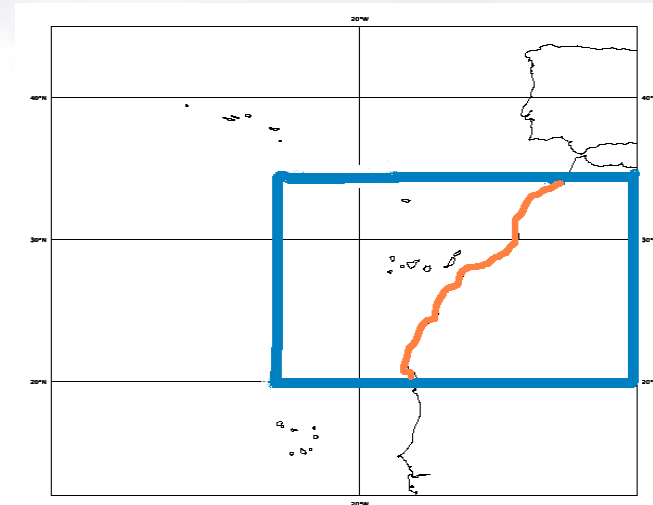
## Zona de verificación



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología



- zona de cálculos [34° N, 26° W; 20° N, 2° W], utilizamos los datos sobre el mar salvo para el contraste térmico.
- Se utilizan los datos ERA-Interim que consideramos como referencia para comparar con datos de 28 modelos CMIP5
- ERA-Interim y los 28 modelos GCM CMIP5 se han interpolado a un grid común 1°x1°

- Datos de ERA-Interim (1979-2011),
- Datos de 28 modelos CMIP5 1961-2000, que incluyen experimento histórico periodo y proyecciones RCP8.5 con las siguientes variables:
  - Medias mensuales de datos diarios de 00, 06, 12 y 18 UTC de  $v10m$ ,  $t2m$ ,
  - Medias mensuales de acumulaciones previstas a 12h (0000 y 1200 UTC) de  $SW_{sup} \downarrow$ ,  $SW \downarrow TOA$ ,  $SW_{neta TOA}$ ,  $LW_{neta TOA}$ ,  $SW_{neta TOA}$  cielo claro, y  $LW_{neta TOA}$  cielo claro.

obtenidos del servidor web ESGF (Earth System Grid Federation).  
(<http://pcmdi9.llnl.gov/esgf-web-fe/>).

CMIP5: Coupled Model Intercomparison Project Phase 5  
RCP8.5: Representative Concentration Pathway 8.5

## Aproximaciones



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

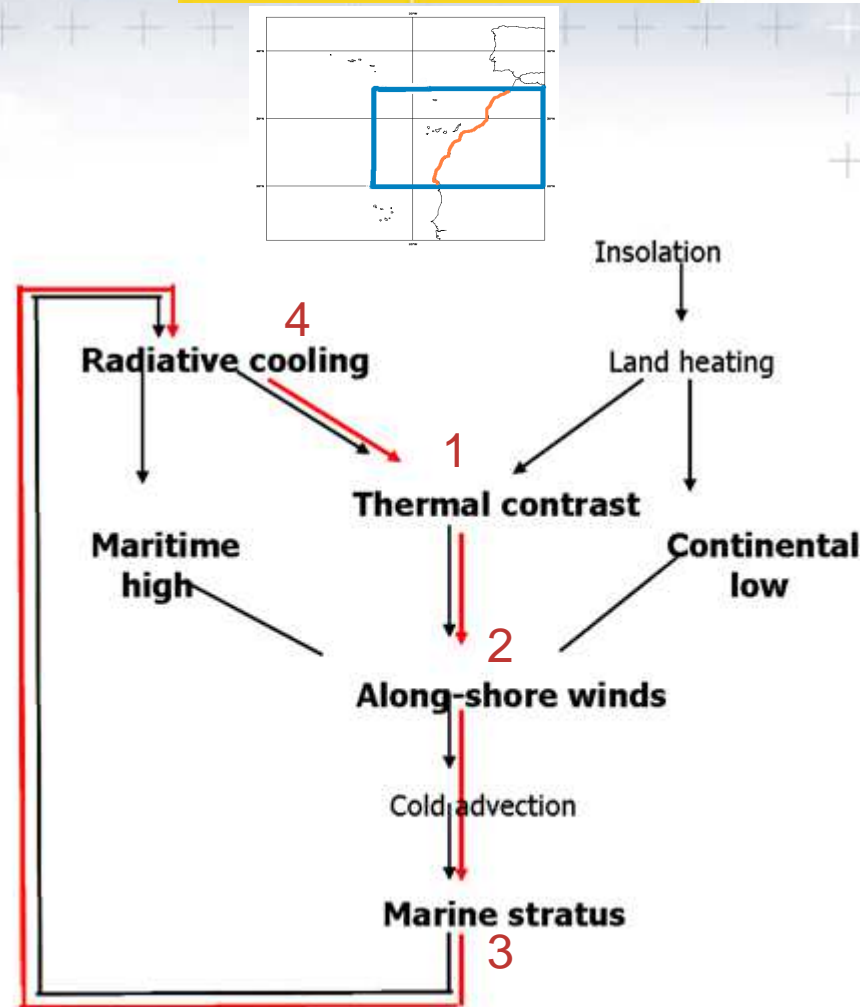
AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

1. Contraste térmico → diferencia de  $T_{2m}$  entre los dominios tierra y océano
2. Viento a lo largo de la costa →  $v_{10m}$  (océano)
3. Estratos marinos → albedo de nubes (océano).

$$\alpha_{nubes} = \frac{[SW \downarrow_{desp} - SW \downarrow]}{SW \downarrow_{desp}}$$

4. Enfriamiento radiativo → CRF TOA (océano)

$$CRF = (SW_{neta} - SW_{neta(desp)}) + (LW_{neta} - LW_{neta(desp)})$$





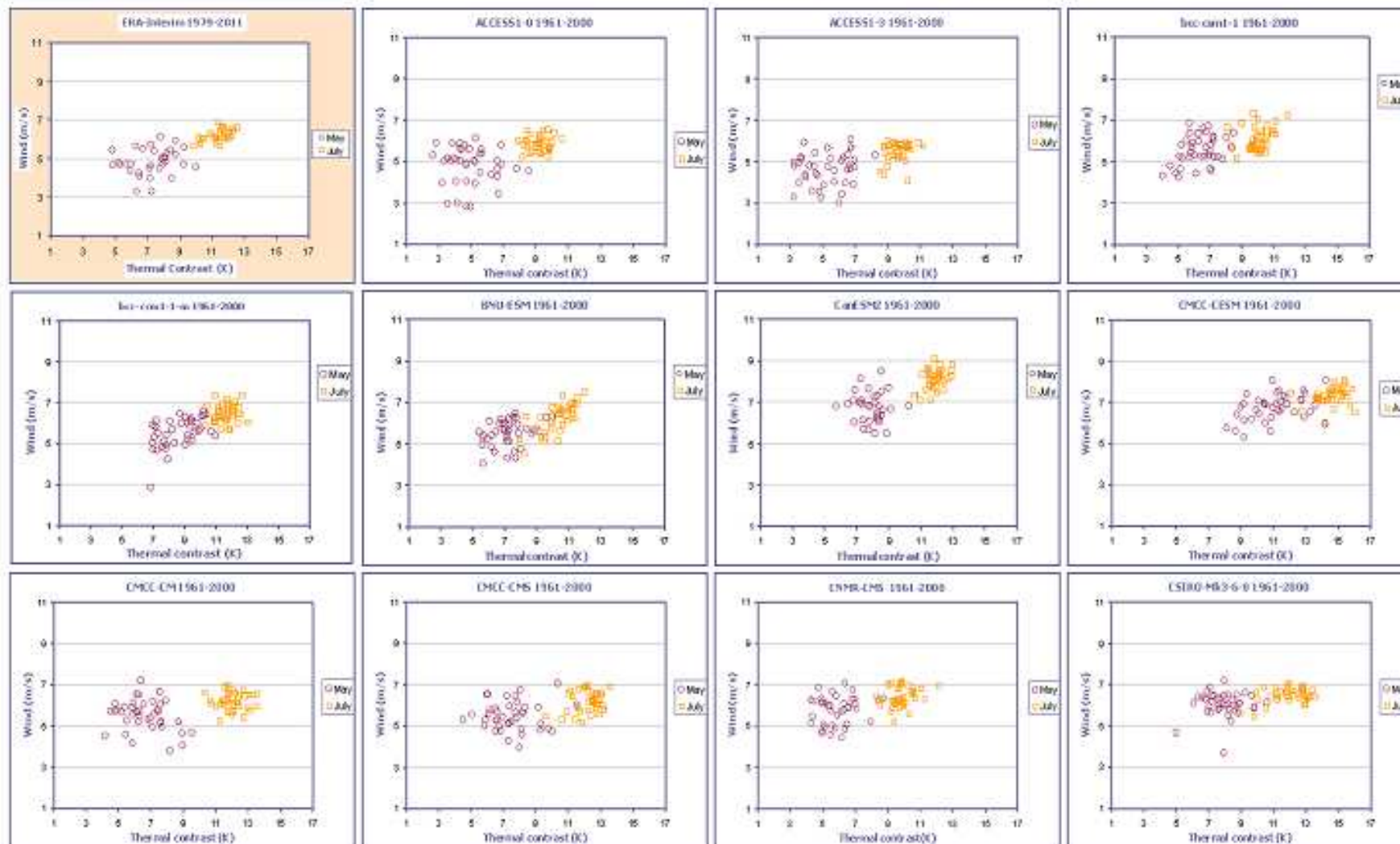
# V10 frente a t2m(tierra)-t2m(océano) ERAi y modelos CMIP5 Mayo y julio



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

Aemet  
Agencia Estatal de Meteorología



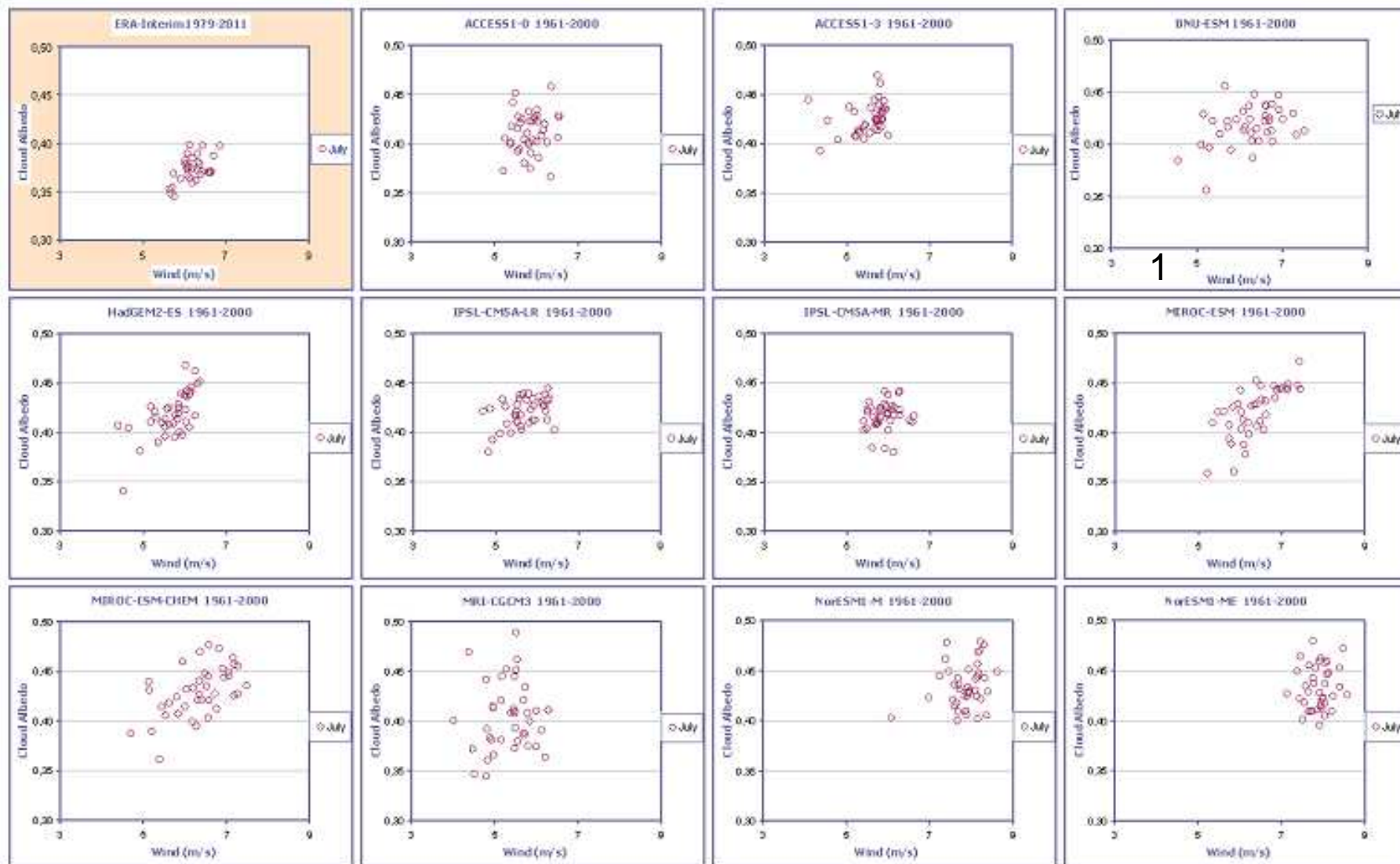
## Albedo efectivo de nubes --- v10m ERAi y CMIP5. Julio



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

Aemet  
Agencia Estatal de Meteorología



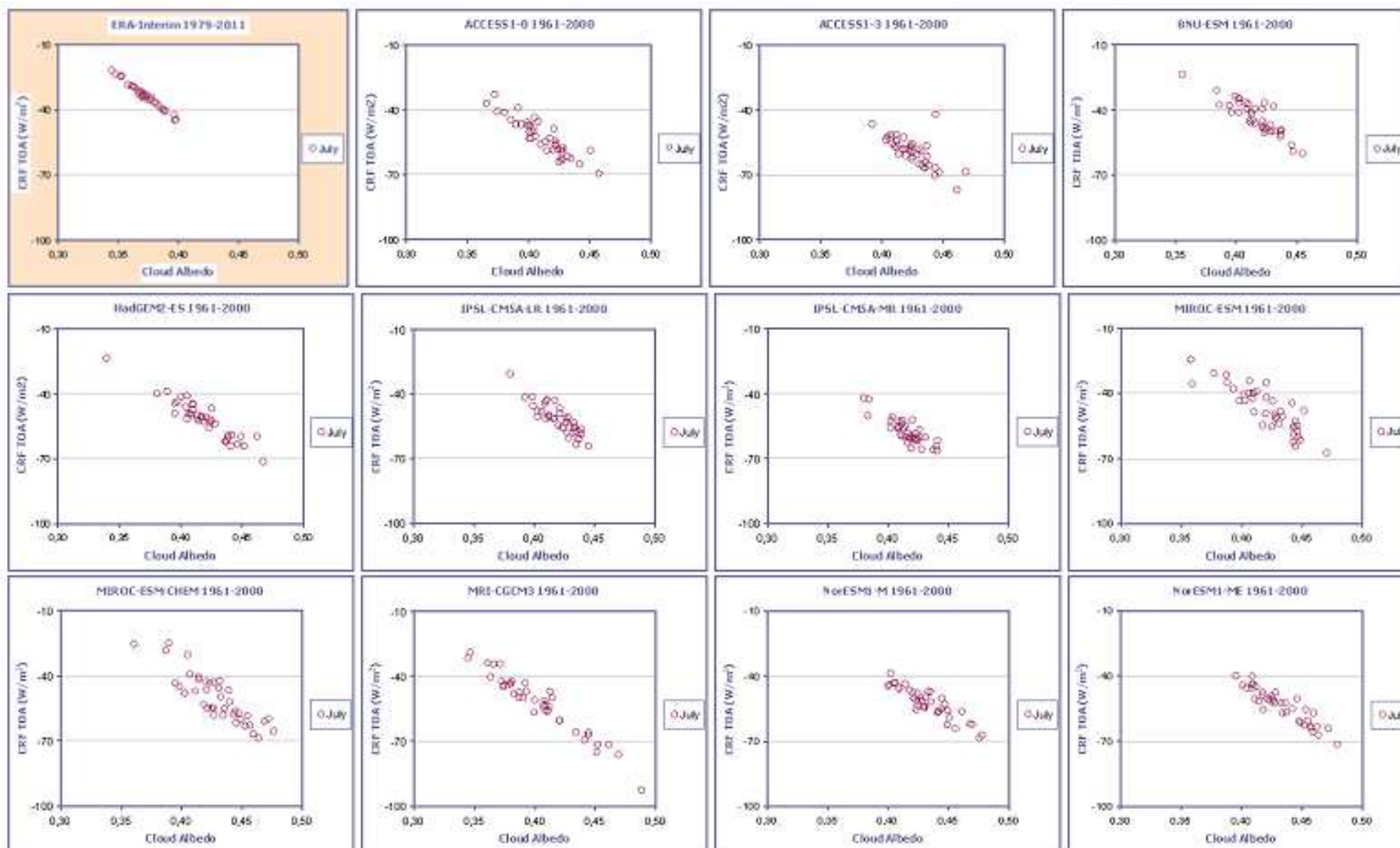
## Forzamiento radiativo nubes ---- albedo efectivo de nubes. Julio



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología





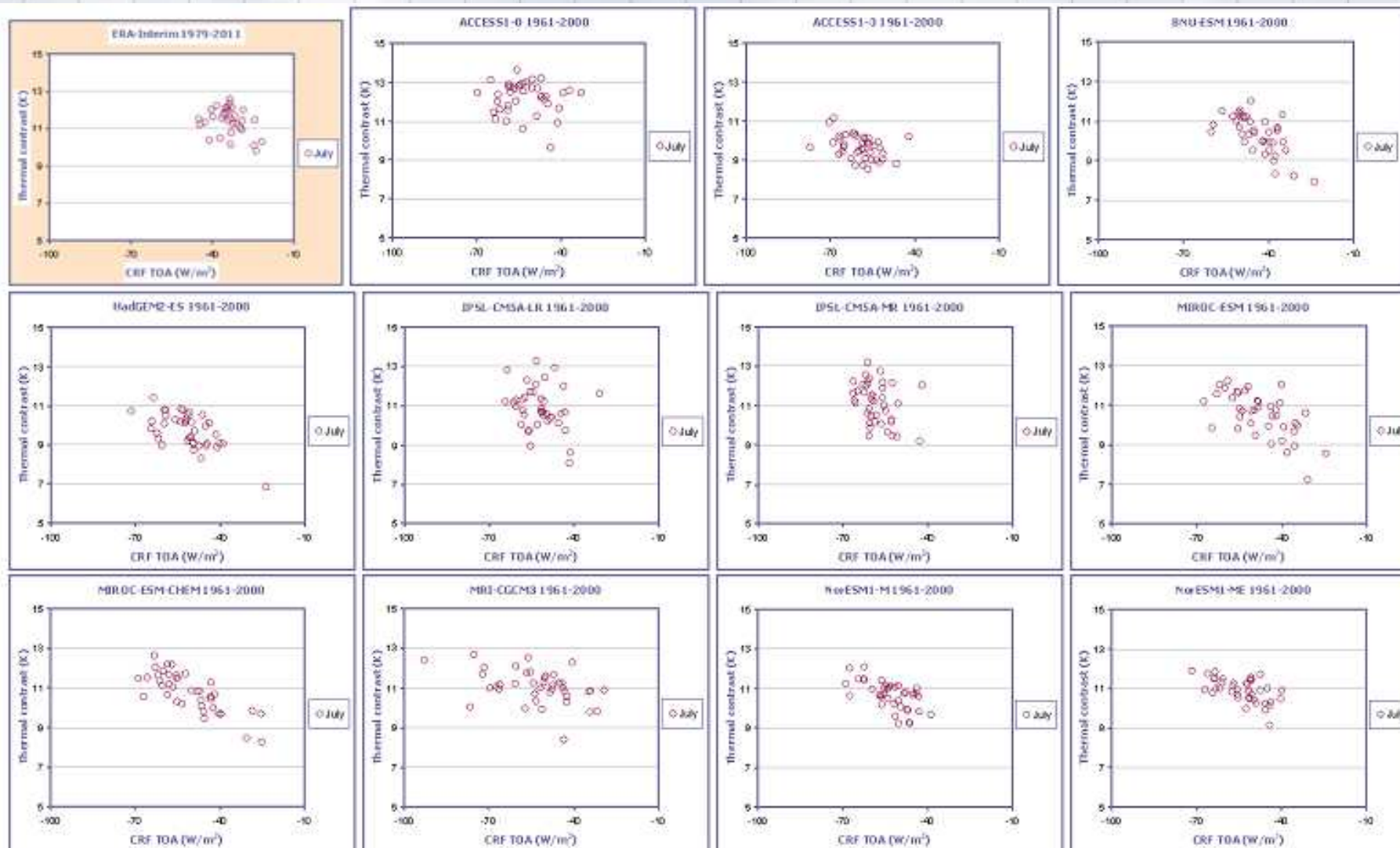
# Contraste térmico ---- Forzamiento radiativo nubes Julio



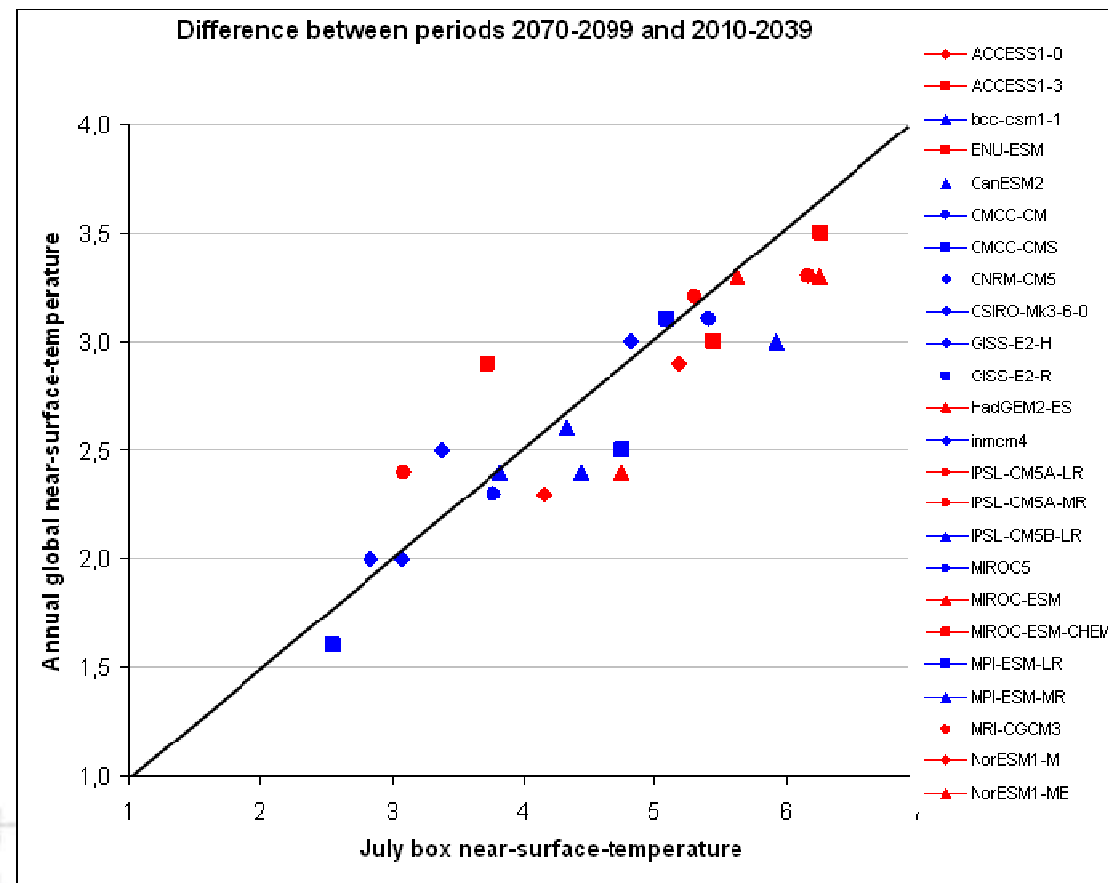
GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

**Aemet**  
Agencia Estatal de Meteorología



- Cambio de la t2m media anual global frente al cambio de la t2m en julio sobre la Península Ibérica entre los periodos 2070-2099 y 2010-2039 con RCP8.5 para 24 modelos CMIP5.



El coeficiente de Hellinger, designado en origen para estimar la proximidad de funciones de densidad de probabilidad (pdf's), puede ser considerado como una medida de la superposición o del solapamiento entre dos distribuciones, y da información sobre diferencias o similitudes en posición relativa, forma y orientación de las pdf's, tomando valores entre 0 (distribuciones totalmente disjuntas) y 1 (distribuciones idénticas).

$$dHell^{(s)}(P, Q) = \iint q(x, y)^s p(x, y)^{(1-s)} dx dy$$

$q(x, y)$  and  $p(x, y)$  son las pdf que se comparan, y  $s$  es un parámetro ( $0 < s < 1$ ). El cálculo se ha hecho eligiendo  $s = 1/2$  que da una medida simétrica con valores entre 0 y 1



Albedo-viento-presión



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

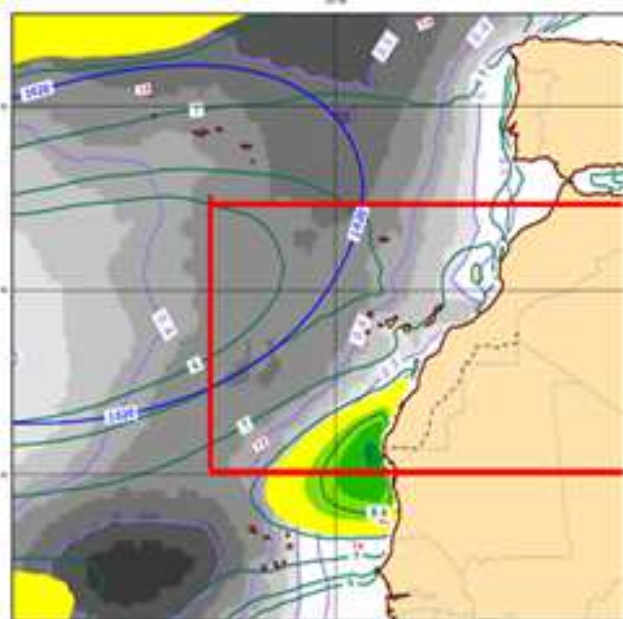
MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

AEmet  
Agencia Estatal de Meteorología

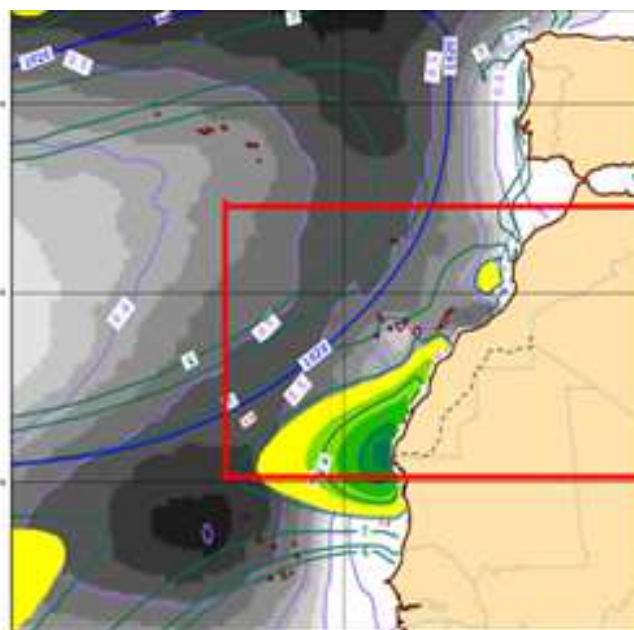
0.26 0.3 0.34 0.38 0.42 0.46 0.5 0.54 0.58 0.62



7.8 8 28.6 9.0 9.4 9.8

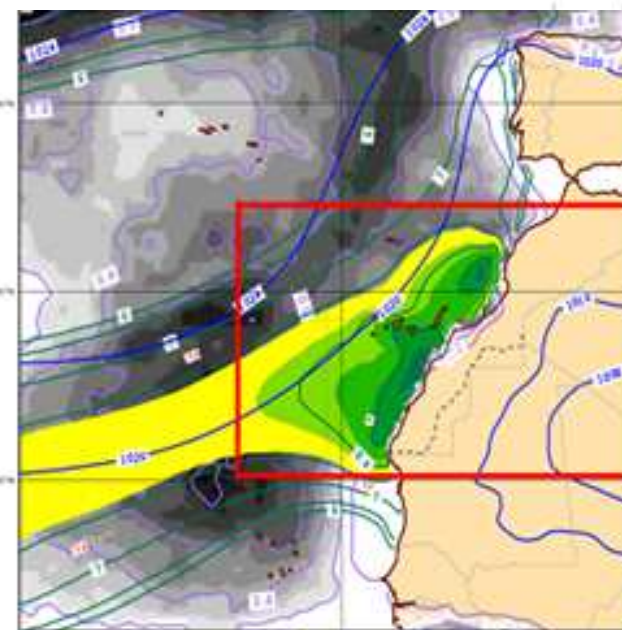


Mayo

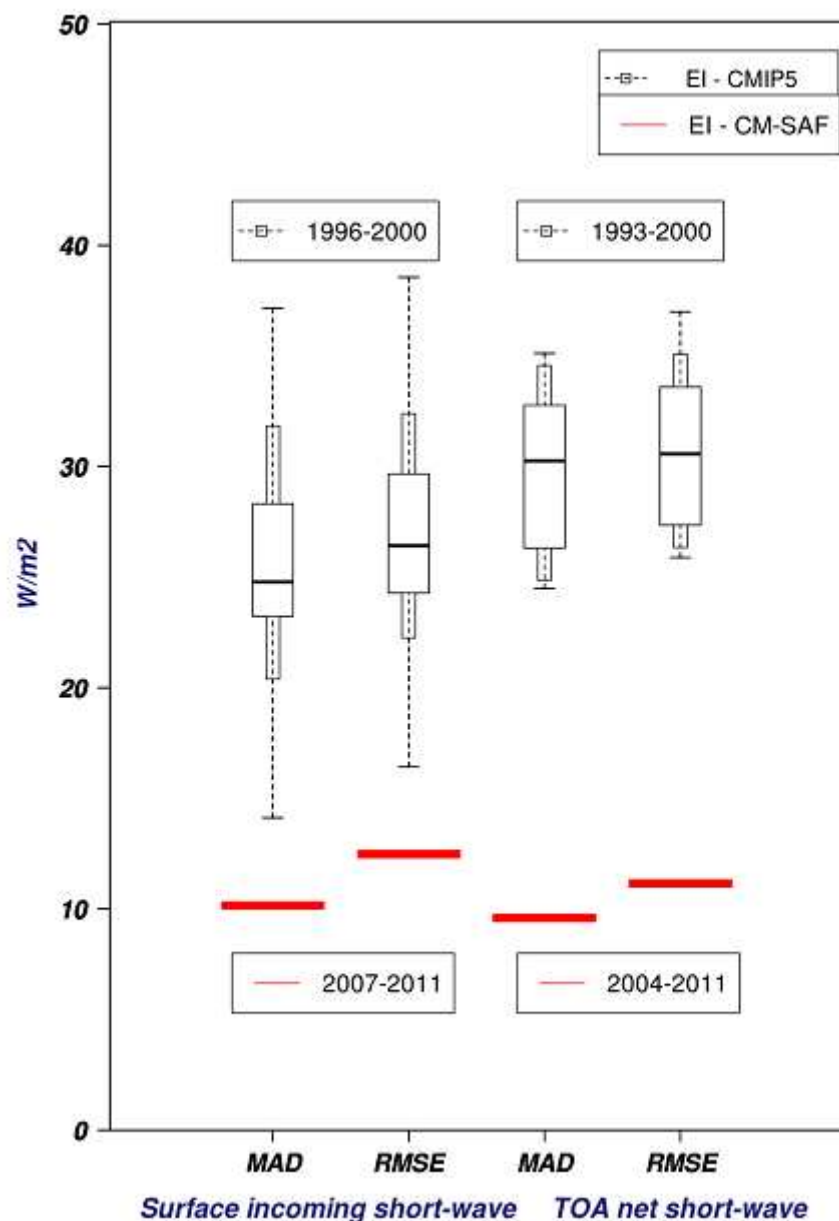


Junio

ERA-Interim

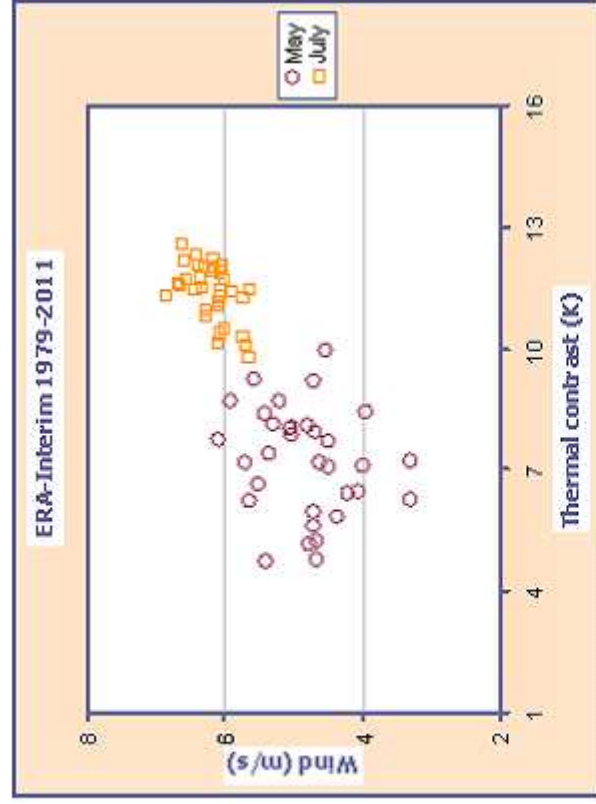


Julio

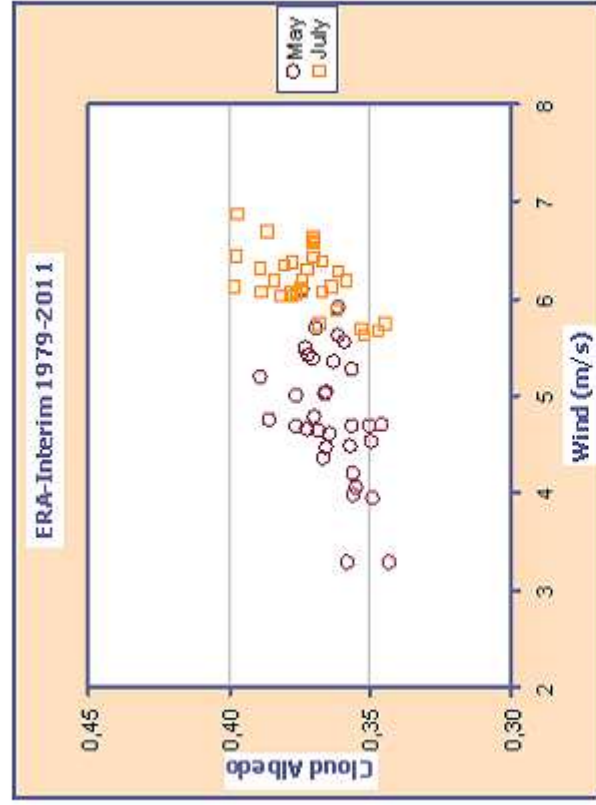


- Promedio para julio de la diferencia absoluta media (MAD) y error cuadrático medio (RMSE) de los flujos de radiación de onda corta entrante y neto de onda corta en TOA para 11 modelos CMIP5 respecto a los de ERA-Interim,
- MAD y RMSE de los mismos parámetros del CM-SAF respecto al ERA-Interim aparecen en rojo.
- En los diagramas de caja se representan: mínimo, máximo, mediana y percentiles: 10, 25, 75 y 90.

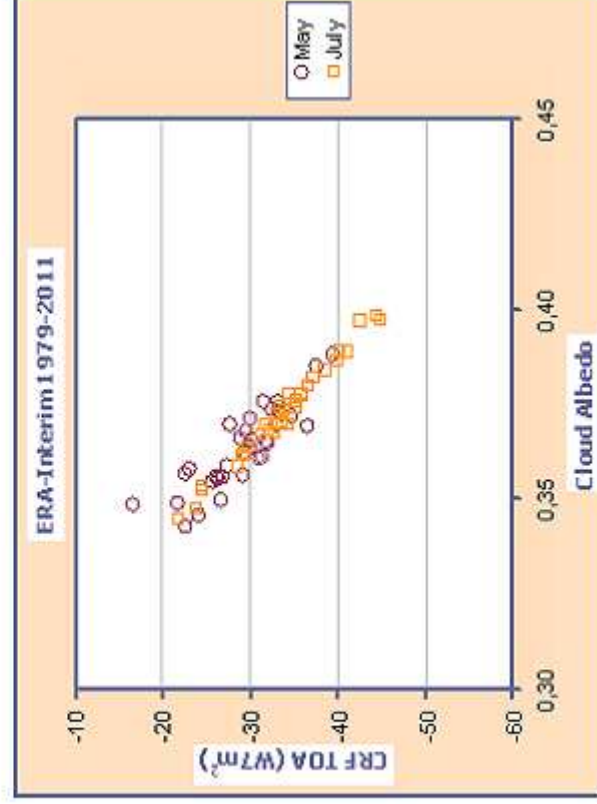
a)



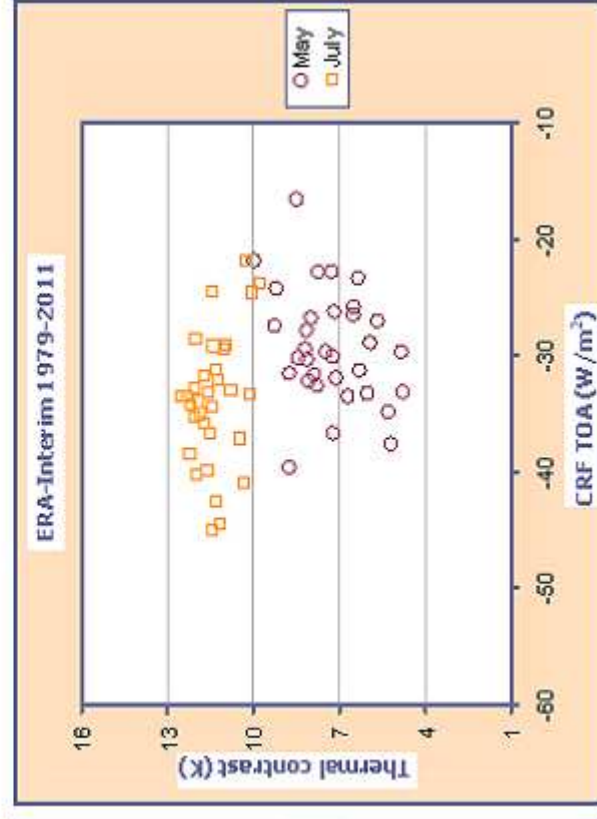
b)



c)



d)







GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

$$CRF = (SW_{neta} - SW_{neta(desp)}) + (LW_{neta} - LW_{neta(desp)})$$

CMIP5 Models	TOA shortwave cloud forcing	TOA longwave cloud forcing
ERA-Interim	-38.4	4.6
ACCESS1-0	-60.3	7.8
ACCESS1-3	-68.7	9.3
BNU-ESM	-48.2	4.3
HadGEM2-ES	-58.2	6.6
IPSL-CM5A-LR	-61.4	9.5
IPSL-CM5A-MR	-66.3	8.2
MIROC-ESM	-55.3	7.9
MIROC-ESM-CHEM	-58.3	7.9
MRI-CGCM3	-63.9	11.0
NorESM1-M	-56.6	3.7
NorESM1-ME	-57.3	3.6



- Valores de coeficiente Hellinger para las relaciones Contraste Térmico-Viento, Viento-Albedo de Nubes, Albedo de Nubes -CRF\_TOA, y CRF\_TOA-Contraste térmico para el mes de Julio (1979-2000) . Se indica el modelo con valor más alto y más bajo para cada relación, y entre corchetes la posición en el ranking.

MODELS	Thermal contrast- Wind		Wind-Cloud Albedo		Cloud Albedo- CRF_TOA		CRF_TOA-Thermal contrast	
ACCESS1-0	0.44	[9]	<b>0.55</b>	[1]	0.33	[2]	0.27	[9]
ACCESS1-3	0.44	[8]	0.08	[9]	<u>0.02</u>	[11]	<u>0.09</u>	[11]
BNU-ESM	0.80	[5]	0.17	[7]	0.15	[5]	<b>0.71</b>	[1]
HadGEM2-ES	0.65	[7]	0.33	[4]	0.23	[4]	0.45	[6]
IPSL-CM5A-LR	0.83	[4]	0.21	[6]	0.15	[6]	0.56	[4]
IPSL-CM5A-MR	<b>0.97</b>	[1]	0.33	[5]	0.08	[8]	0.24	[10]
MIROC-ESM	0.85	[2]	0.34	[3]	0.28	[3]	0.70	[2]
MIROC-ESM-CHEM	0.83	[3]	0.10	[8]	-0.06	[9]	0.50	[5]
MRI-CGCM3	0.67	[6]	0.42	[2]	<b>0.37</b>	[1]	0.59	[3]
NorESM1-M	0.17	[10]	0.04	[10]	0.11	[7]	0.44	[7]
NorESM1-ME	<u>0.10</u>	[11]	<u>0.01</u>	[11]	0.05	[10]	0.39	[8]

- En este trabajo, de los 28 modelos CMIP5 usados, 14 tendrían que ser descartados por incapacidad de simulación del bucle el acoplamiento nubosidad viento, y otros 3 en la acoplamiento contraste térmico-enfriamiento radiativo
- 7 de los 11 seleccionados se agrupan en el conjunto de los que son más sensibles al forzamiento RCP8.5
- Estos cálculos van a ser validados usando otra zona de cálculo, donde esperamos un mejor cumplimiento del feedback
- la distancia de Hellinger será calculada para las anomalías de cada modelo