



ESQUEMA

- 1) **Clima terrestre.-** Factores determinantes; importancia de los gases de efecto invernadero
- 2) **Cambio climático.-** Influencia antrópica y tendencias observadas
- 3) **Cambio climático futuro.-** Escenarios de emisiones, modelos de simulación del clima y técnicas de regionalización
- 4) **Algunos impactos del cambio climático**

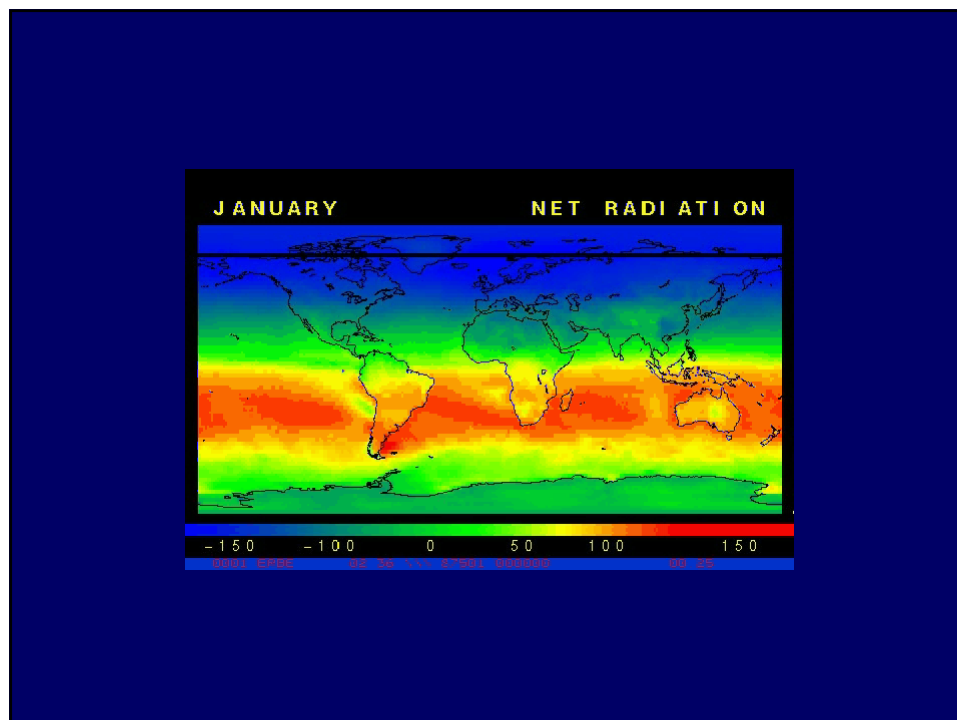
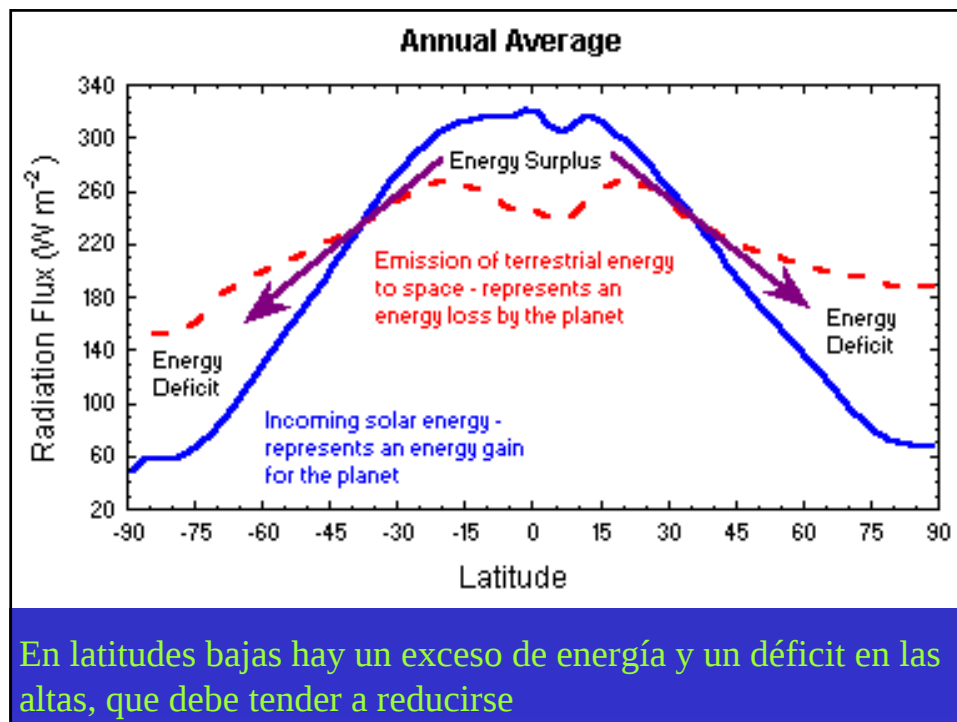
ESQUEMA

- 1) **Clima terrestre.-** Factores determinantes; importancia de los gases de efecto invernadero
- 2) **Cambio climático.-** Influencia antrópica y tendencias observadas
- 3) **Cambio climático futuro.-** Escenarios de emisiones, modelos de simulación del clima y técnicas de regionalización
- 4) **Algunos impactos del cambio climático**

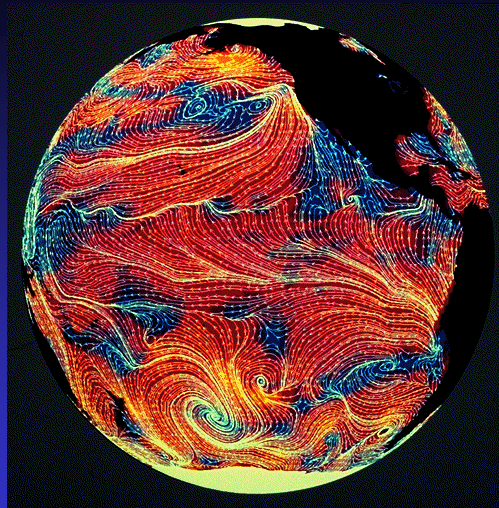
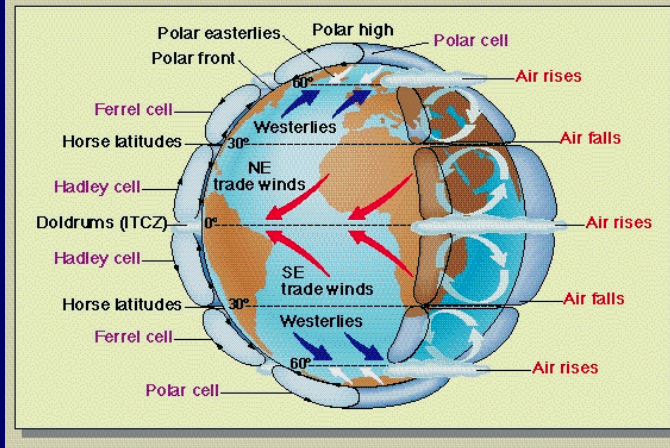
Clima:

Rasgos característicos de las condiciones ambientales (temperatura, precipitación, etc.) en intervalos de tiempo 'largos'

- No sólo valores medios: variabilidad espacial y temporal
- Percepción a través de la atmósfera
- Tratamiento estadístico adecuado de series largas instrumentales de las variables meteorológicas

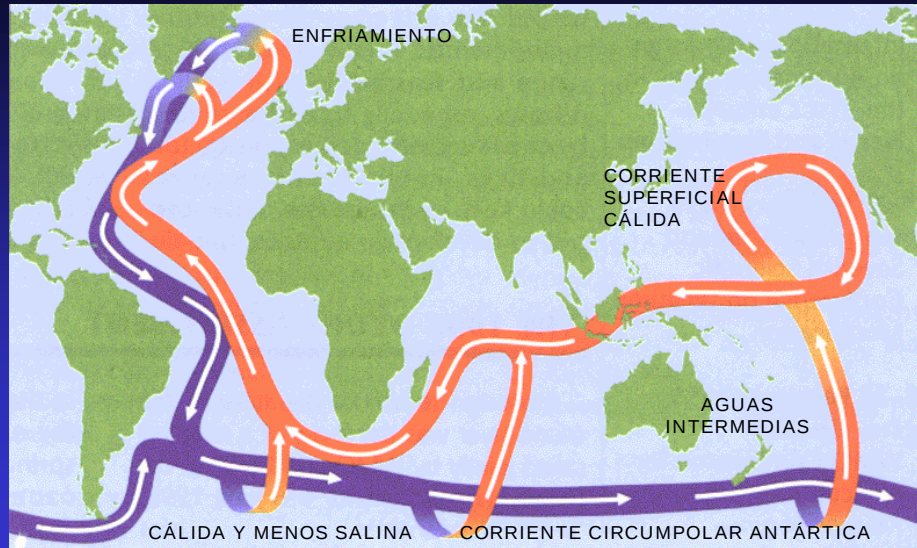


Global Air Circulation Patterns



Vientos sobre el Océano Pacífico

CIRCULACIÓN OCEÁNICA GLOBAL



Hadley Centre



From the Big Picture to Your Back Yard

To organize this discussion, we will focus on three different scales of events and how they interact. The largest weather features occur on the **global scale**. At this scale, forecasters are thinking about large patterns of winds, temperature, and pressure.

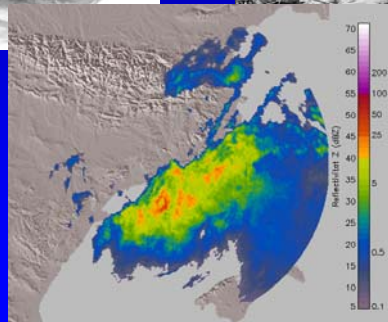
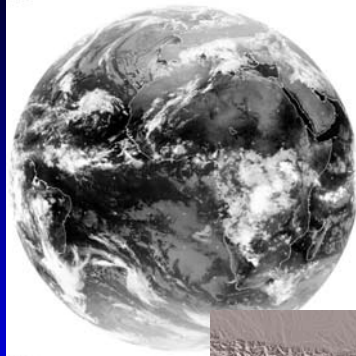
Weather patterns that affect one or several states are called **synoptic scale** events. Examples are circulations around high and low pressure areas, large snowstorms, large-scale droughts, and hurricanes.

Smaller and shorter-term weather events such as tornadic storms, flash floods, and similar "local" events are what meteorologists call **mesoscale** phenomena. These events are often the most hazardous—and the most difficult to forecast, as discussed in the Forecasting Section.

All these scales are interrelated, so a mesoscale event will have its roots in global and synoptic patterns. Likewise, a synoptic scale event will have a variety of consequences on the mesoscale. These complex connections explain why forecasting is so difficult.



An example: The November 2001 superstorm



Global Scale



Weather on Planet Earth is the result of basically **four main features: the sun, the planet's atmosphere, moisture, and the structure of the planet.** These ingredients create dust devils and hurricanes, floods and droughts, heat waves and blizzards, and everything in between. We'll take a closer look on the following pages.

The Sun

The weather on our planet is largely due to the sun heating areas of the planet unequally. This unequal distribution occurs because

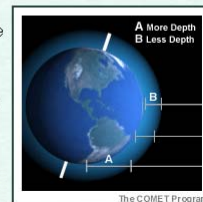
1. The sun's radiation reaches only half the planet at any one time.
2. The amount of radiation reaching the surface varies at different places.
3. The planet tilts as it revolves around the sun.

The first cause listed above refers to the temperature difference between night and day. The part of the planet that faces the sun heats up during the day as the **earth rotates every 24 hours**. Meanwhile, the other half loses heat during the night.

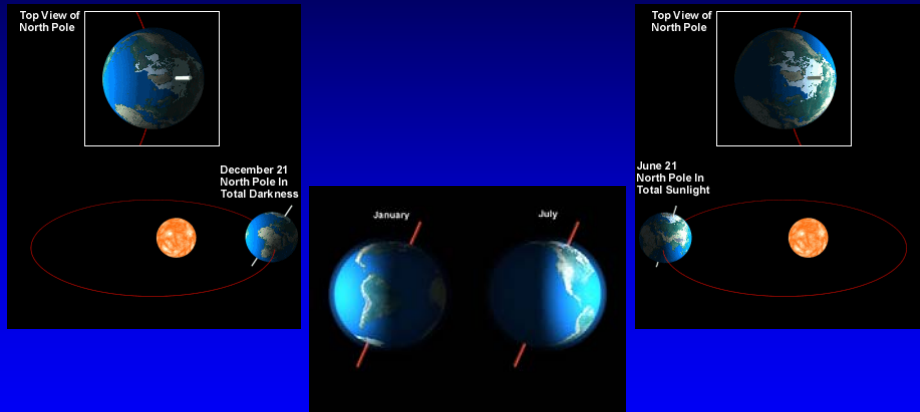
Second, **the spherical shape of the planet causes an unequal distribution of radiation.**

The sun's rays must penetrate a larger volume of the atmosphere at the poles (Point A) than at the equator (Point B). Consequently, more radiation is diffused by the atmosphere before it reaches the ground in higher latitudes.

In addition, the rays are more concentrated at the equator than at the poles where they strike at a more oblique angle. The net result is higher temperatures at the equator—another imbalance in the distribution of heat.



Third, **the earth revolves around the sun** every 365 days (see figure below), and as it does, different parts of the planet tilt toward the sun and receive more radiation. For example, on June 21 (the summer solstice), the North Pole is tilted toward the sun and has continuous daylight. Notice that on December 21, the North Pole is tilted away from the sun. In April, the planet has relatively little tilt, meaning that day and night are about equal length in most places. This **tilt causes the seasons**.



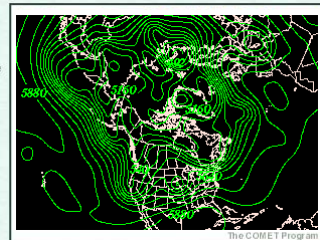
The variations in temperature, both on a daily and seasonal basis, cause the circulation of the atmosphere

Temperature, Pressure, and Winds

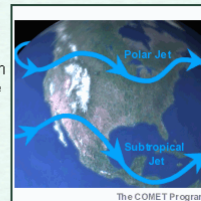
The **temperature differences** discussed earlier also cause **pressure differences in the atmosphere**. So, for example, we have cold, dense air at the poles and warm, lighter air near the equator. The same processes that try to equalize temperature differences over the globe also try to balance the pressure differences between denser and lighter air. **This creates winds that blow from areas with higher pressure to those with lower pressure.**

When pressure changes rapidly between two areas, we say that there is a "tight pressure gradient." In general, the tighter the pressure gradient, the stronger the winds tend to be. In other words, the greater the pressure differences for a given distance across the ground, the stronger the wind.)

These movements, plus the planet's rotation, create the large-scale wind patterns that transport weather systems. For example, trade winds propel tropical storms from the coast of Africa westward to the coast of the U.S., while the prevailing westerlies on the North American continent can carry Pacific Northwest rainstorms all the way to the East Coast.



Winds tend to increase with height, reaching their maximum about 8 miles (11 km) above the Earth's surface at the tropopause, which is the top of the troposphere. These maximum winds concentrate in narrow bands called **jet streams**, where wind speeds may reach more than 200 mph. Jet streams exist because of temperature contrasts, and they are stronger in the winter when that contrast is greatest. They are an important factor in heat transfer in the atmosphere and in the development and movement of low- and high-pressure systems.



The Planet's Structure



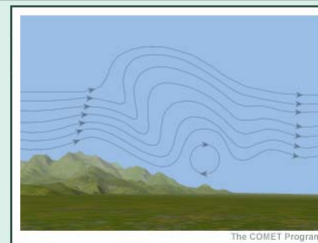
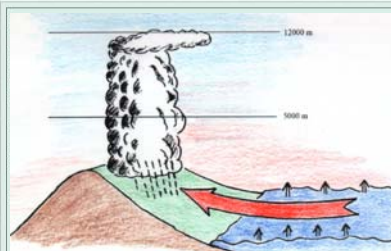
Moisture

While water vapor is not the most abundant gas in the atmosphere, it is very important in terms of weather. In addition to forming liquid and solid particles in clouds that fall as rain or snow, the process of changing from the gaseous state into liquid water or ice releases large amounts of heat that is an energy source for weather systems, particularly thunderstorms and hurricanes. In addition, the vapor absorbs some of the earth's outgoing radiation, which affects the heat balance of the planet.

Topography

The **basic structure** of the planet—landforms, oceans and other bodies of water, mountains, deserts, vegetation, and even urban areas—is also important in determining weather. The oceans are particularly important in weather because they provide much of the water that evaporates into the atmosphere. This **moisture**, transported by the "rivers of air," **condenses to form clouds**. In addition, the oceans collect heat and release it more slowly than the land. This also affects the distribution of temperature.

Topographical variations affect weather in many important ways. For example, the presence of mountain ranges affects the distribution of moisture. If the prevailing winds blow from the ocean toward high terrain (as is the case in the Pacific Northwest, for example), a "rain shadow" effect is often produced where the slopes facing the prevailing winds (the windward side) receive much more rain or snow than on the leeward side. We'll talk more about topographical effects when we discuss the mesoscale.

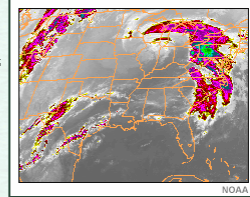


Climate

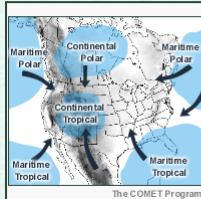
The **climate** in your area is a function of your location on the planet, topography, proximity to water bodies, etc. It is essentially the **average** weather conditions over 30 years or more. This average will contain some extreme conditions along with a larger number of more normal conditions. So knowing your average precipitation, for example, does not tell you anything about the likelihood of an extreme event—the kind that results in problems for your community. Historical and statistical analyses can give you a better idea of extremes for your locale, and we'll talk more about these in the Hazards Section.

Synoptic Scale

In the previous section we talked about a number of factors that are relatively constant—the shape and rotation of the earth, its revolution around the sun, the positions of the oceans and landforms. We also mentioned **three important things that are variable: pressure, temperature, and moisture**. On the synoptic scale, these variables are also key to producing weather. To them, we will add one more important concept—**"lift,"** which describes the forces that cause air to rise and clouds to form.

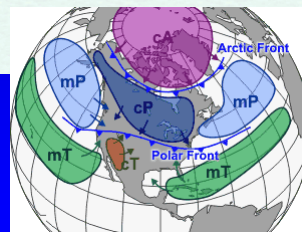


Temperature: Air Masses



If a body of air moves slowly or stays over an extensive area that has fairly uniform temperature and moisture characteristics, the air takes on those characteristics and is called an **air mass**. Four main types of air masses affect U.S. weather:

- Continental polar (cold, dry)
- Maritime polar (cool, moist)
- Continental tropical (hot, dry)
- Maritime tropical (hot, moist)



Masa de aire	Origen	Nombre	Características	Temperatura media	Humedad absoluta
Ártica	Indistinto	A	muy fría y seca	-46 °C	0,1 g/m³
Polar	Continental	PC	fría y seca	-11 °C	1,4 g/m³
Polar	Marítimo	PM	fría y húmeda	4 °C	4 g/m³
Tropical	Continental	TC	cálida y seca	24 °C	11 g/m³
Tropical	Marítimo	TM	cálida y húmeda	24 °C	17 g/m³
Ecuatorial	Indistinto	E	cálida y húmeda	28 °C	19 g/m³

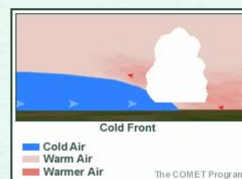
Temperature: Fronts

As air masses move out of the area in which they form, they come in contact with other air masses with different characteristics. The **boundaries between different air masses are called fronts**. Across a front (which extends vertically as well as horizontally), temperature, humidity, pressure, and/or wind often change rapidly over short distances. Abrupt changes indicate a narrow frontal zone, while gradual changes indicate a broad, more diffuse zone.

A **cold front is the leading edge of an advancing cold air mass**. At the surface, these fronts mark where cold air overtakes and replaces warmer air. During the summer, cold fronts often initiate thunderstorms and other severe weather. In cold weather, they produce hazardous winter conditions. Because the slope of the cold air mass is steep, temperature, pressure, and weather tend to change dramatically near the front.



Cold Front



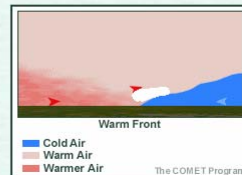
Cold Front

The COMET Program

The **edge of an advancing warm air mass is a warm front**. At the frontal boundary, warmer air overtakes and replaces colder air. Warm fronts generally bring light or moderate, but steady, precipitation. Notice the slope of the warm air mass is relatively gentle. Consequently, warm fronts are seldom as distinct on the surface as cold fronts, and they usually move much more slowly.



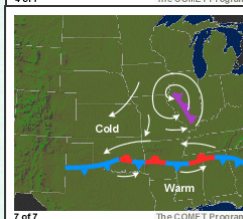
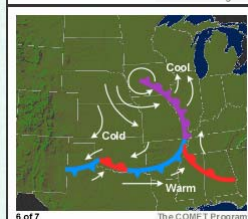
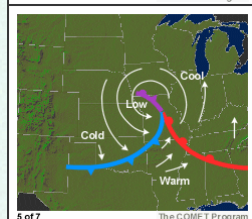
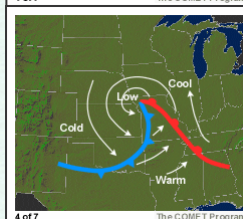
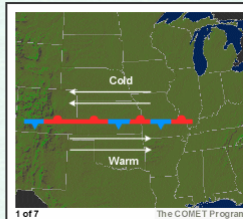
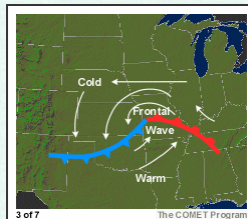
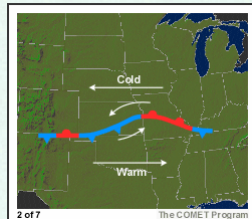
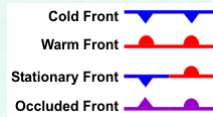
Warm Front



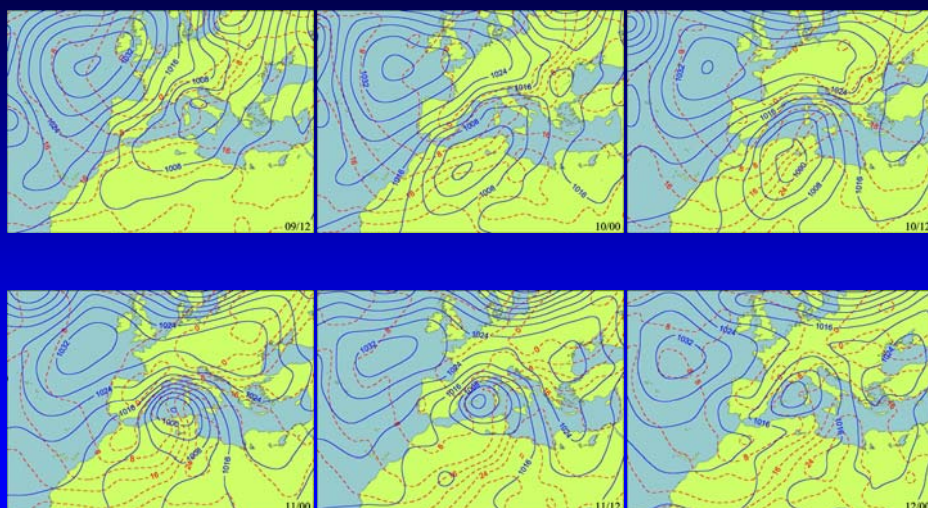
Warm Front

The COMET Program

Because the atmosphere is out of balance in the area of a front, a wave-like bend may form.



An example: The November 2001 superstorm

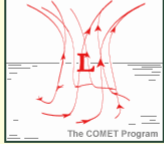
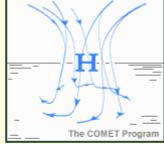


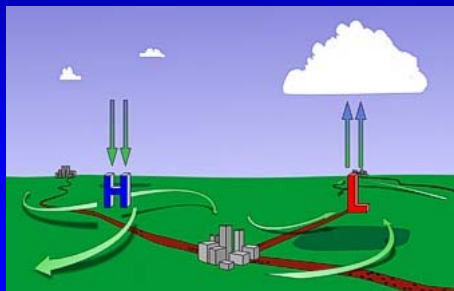
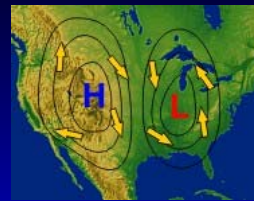
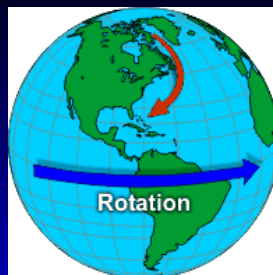
Pressure: Surface Highs and Lows

You are probably already familiar with **highs and lows** shown on weather maps on TV. These are areas with maximum or minimum pressures relative to their surroundings. Lines around the highs and lows, called "**isobars**," connect pressure observations that are the same.

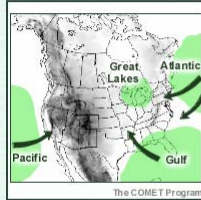
As mentioned in the Global Scale subsection, pressure varies considerably with altitude. So, while the surface pressure at San Diego is typically around 1000 mb, it is closer to 800 mb in Colorado. In order to compare pressures in different locations, the NWS adjusts surface pressure readings at locations above sea level to what the reading would be if the station were actually at sea level.

Here is a comparison of important points about **low pressure** and **high pressure** systems:

Lows	Highs
Center of pressure surrounded on all sides by higher pressure	Center of pressure surrounded on all sides by lower pressure
Also called a cyclone	Also called an anticyclone
Air moves counterclockwise (cyclonically) around the center (in the Northern Hemisphere)	Air moves clockwise (anticyclonically) around the center (in the Northern Hemisphere)
	
Area of rising air	Area of sinking air
Often produces cloudy skies and precipitation	Often suppresses clouds and precipitation

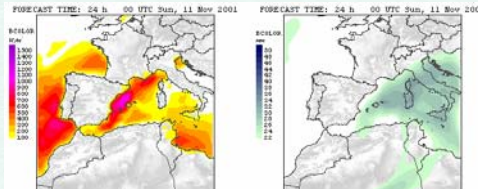


Moisture



Moisture is the fuel for severe weather. It enters the atmosphere as water vapor, mostly from water evaporating from the oceans. The main sources of moisture for the U.S. are shown in the figure to the right.

When the air is saturated, it cannot hold any more vapor. The moisture condenses into either cloud droplets or ice particles. Precipitation occurs when these cloud droplets or particles grow large enough that the atmosphere can no longer hold them up.

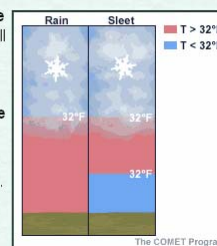


Precipitation

Precipitation exists in two forms:

- Frozen, including snow, sleet, hail, and ice pellets
- Liquid, including drizzle and rain

Which form of precipitation ends up on the ground depends on the temperature in the air above. Obviously, if the atmosphere is entirely below freezing, all of the precipitation will fall as snow. If it's above freezing, the precipitation will be rain. Forecasting can be tricky because the atmosphere can have several layers of warmer and colder air. In the left-hand figure, the layer nearest the surface is deep enough to melt the snow before it reaches the surface. In the right-hand figure, the rain freezes into ice pellets. **The more layers of warm and cold air, the more complicated the process and the more difficult to forecast.**

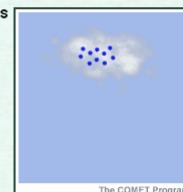


Lift

Most hazardous weather conditions require some sort of mechanism for lifting air. **When air parcels rise, they cool.** And if they contain enough moisture and cool enough to become saturated (to where the dewpoint temperature equals the air temperature), the **water vapor in the air condenses** onto small particles called condensation nuclei. The resulting ice particles or cloud droplets **form clouds**. If the particles or droplets grow large enough, it rains or snows (or some variation of the two).

There are many ways that air can be lifted. We have already talked about several of these:

1. Air rises in areas of low pressure.
2. Fronts can act like a wedge to lift air.
3. The jet stream can pull air up.

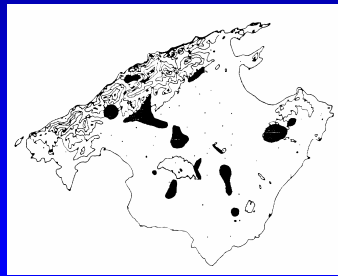
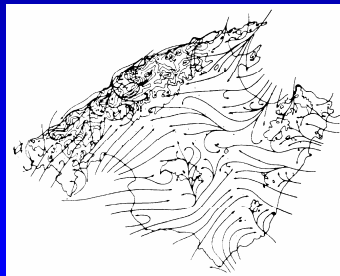
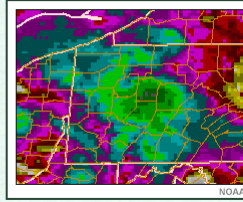


Another lifting mechanism is a "dryline." This is a boundary, similar to a front, that separates dry and moist air. Because dry air is more dense than moist air, the dry air acts like a wedge, pushing the moist air up. As the moist air rises, the water vapor condenses and forms clouds that can turn into severe storms.

Mesoscale

The **global scale** sets the stage for the weather event, the **synoptic scale** organizes the large-scale pattern, and the **mesoscale** provides the focusing mechanisms and the details that determine what kind of hazardous weather you will deal with. However, the divisions between the mesoscale and the synoptic scale are a bit arbitrary. Some storms can start out small and grow into systems that cover a large area. Conversely, a synoptic-scale storm has local, mesoscale effects that can be quite different in adjacent locations.

Mesoscale meteorology operates essentially the same as synoptic meteorology, only on a smaller scale. The same factors are important: **temperature, pressure, moisture, topography, lift**.



Son muchas las

Causas que determinan el clima

Cualquier cambio en ellas puede acabar modificando el clima

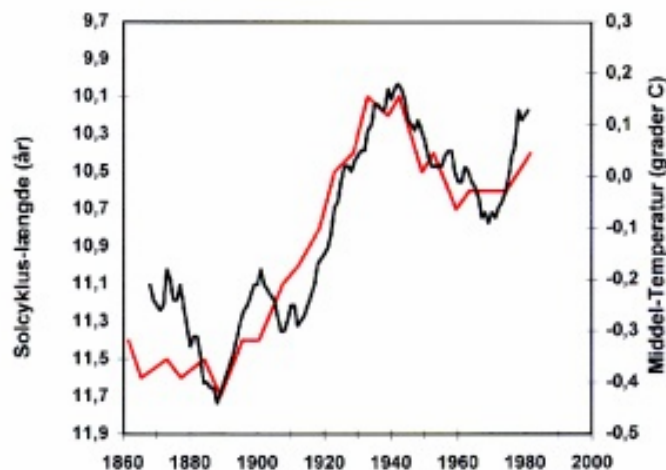
Cualquier cambio en las causas del clima puede acabar modificándolo

- Externas

- Actividad solar, incluidas manchas solares
- Movimiento relativo Tierra-Sol (excentricidad, precesión de los equinoccios, oblicuidad: Milankovitch)
- Impacto meteorito o cometa

- Internas

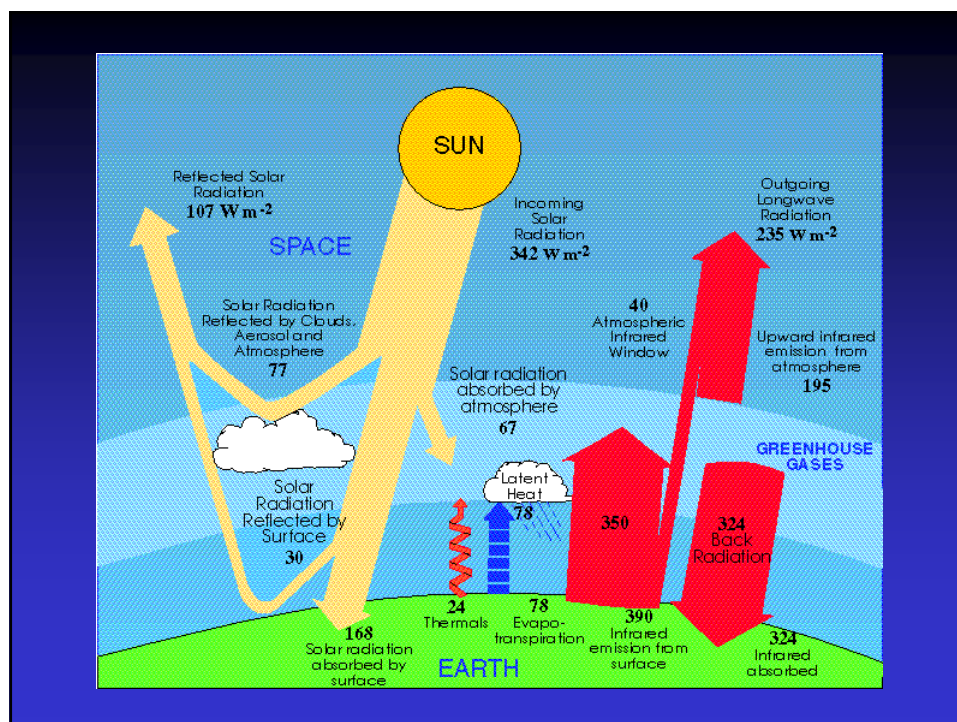
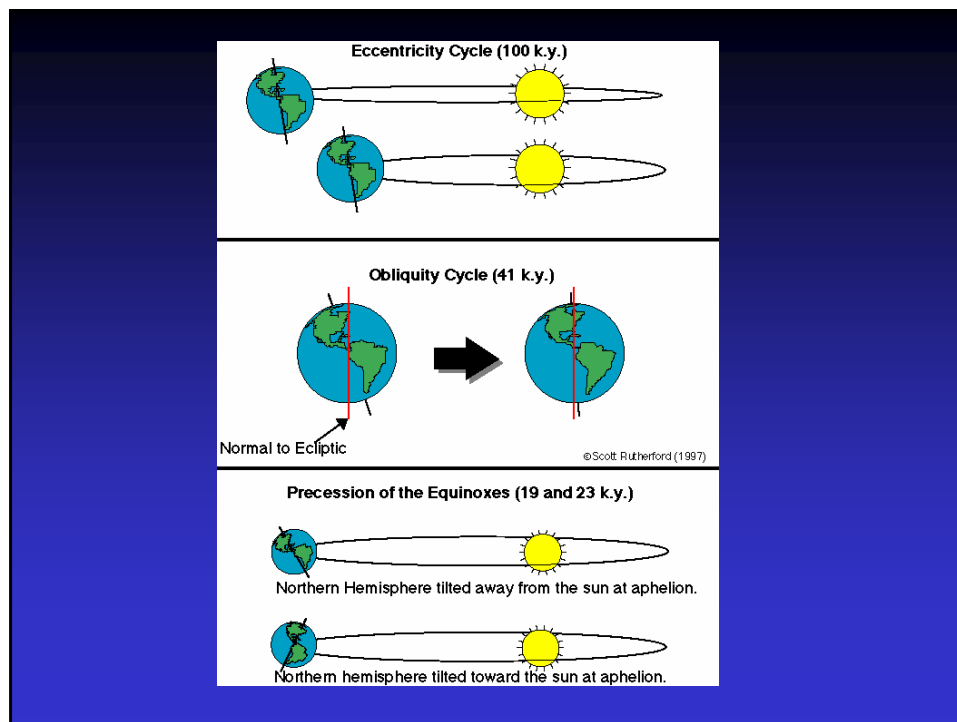
- Efecto invernadero
- Desigual distribución del balance de energía
- Dinámica interna del sistema (vientos, corrientes, realimentaciones, ...)
- Cambio de composición
- Aerosoles
- Nubes



Temperatura
media global

Periodo del
ciclo de
manchas solares

Friis-Christensen, E. y K. Lassen, Science (1991)



EFEECTO INVERNADERO

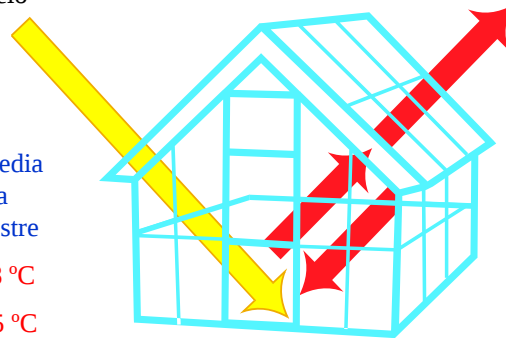
La energía visible procedente del sol pasa a través del cristal y calienta el suelo

La energía calorífica procedente del suelo es parcialmente reflejada por el cristal y parte queda atrapada dentro del invernadero

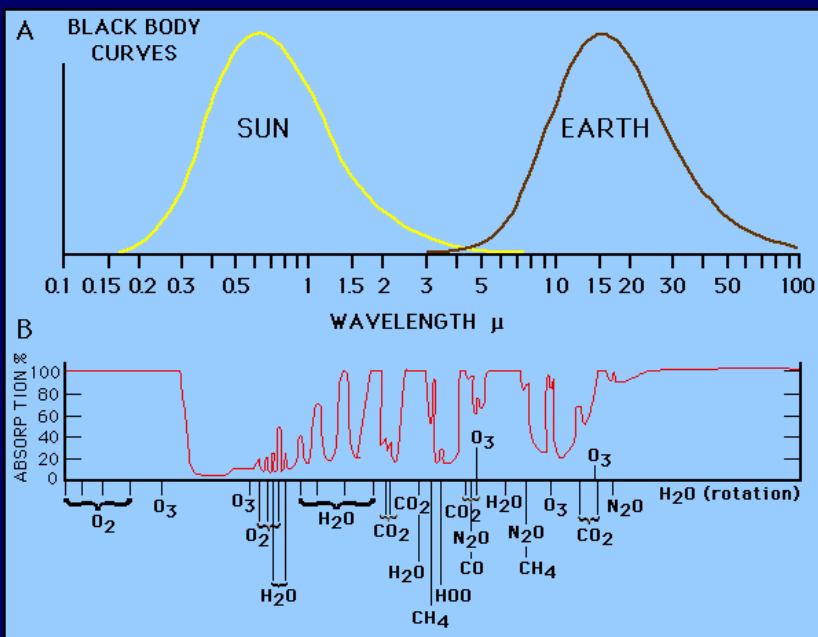
Temperatura media del aire en la superficie terrestre

SIN E. I. = -18°C

CON E. I. = 15°C



Hadley Centre

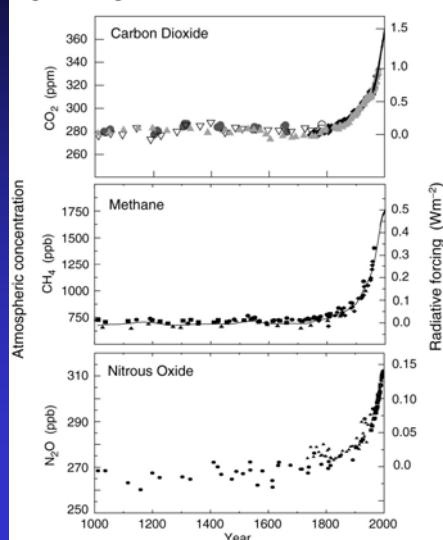


ESQUEMA

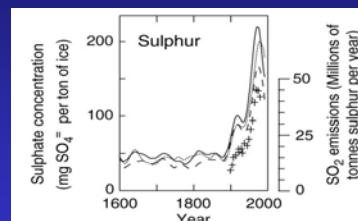
- 1) **Clima terrestre.-** Factores determinantes; importancia de los gases de efecto invernadero
- 2) **Cambio climático.-** Influencia antrópica y tendencias observadas
- 3) **Cambio climático futuro.-** Escenarios de emisiones, modelos de simulación del clima y técnicas de regionalización
- 4) **Algunos impactos del cambio climático**

La composición de nuestra atmósfera ha cambiado afectando al balance planetario de energía

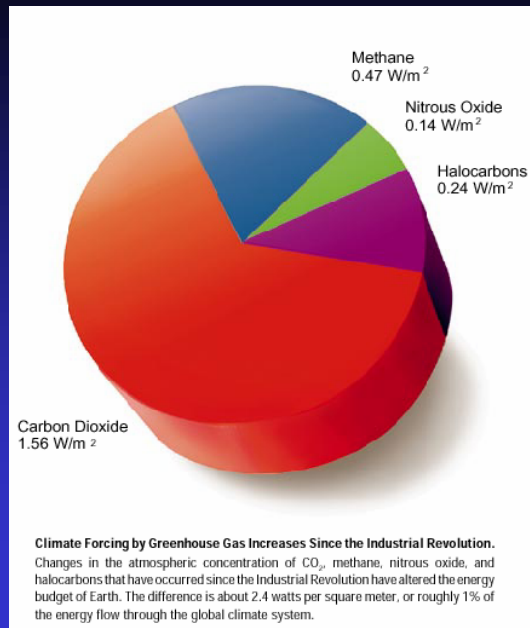
(a) Global atmospheric concentrations of three well mixed greenhouse gases



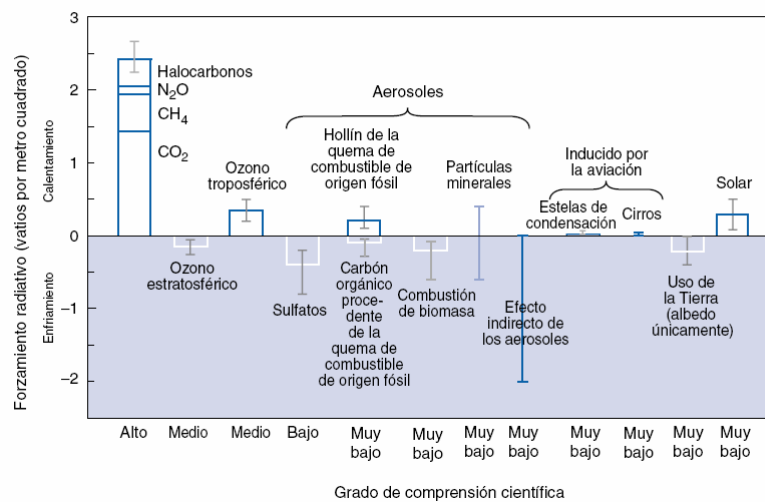
(b) Sulphate aerosols deposited in Greenland ice



Contribución al calentamiento global



Forzamiento radiativo medio anual del sistema climático del año 2000 con respecto a 1750

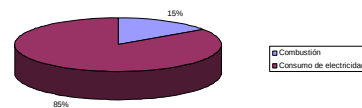


EMISIONES DE GASES DE E.I. EN BALEARES (2000)

Sector	Eq. CO ₂ (t)	
Generación de energía eléctrica	814.949	10,0%
Sector residencial	1.637.178	20,0%
Sector de servicios	2.058.524	25,2%
Sector industrial	696.708	8,5%
Sector primario	290.331	3,5%
Almacenamiento de residuos sólidos	219.690	2,7%
Sector del transporte terrestre	1.853.243	22,7%
Sector del transporte aéreo	365.312	4,5%
Sector del transporte marítimo	81.981	1,0%
Otros gases (uso aislantes)	163.631	2,0%
TOTAL	8.181.547	100,0%

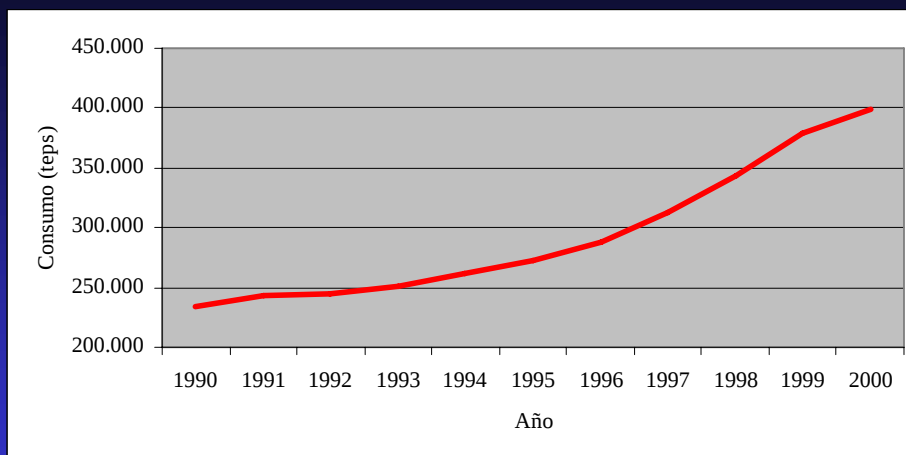
Dióxido de carbono	7.152.499 t	x 1
Metano	7.583 t	x 21
Óxido nítrico	2.253 t	x 310

Los procesos de producción y consumo de energía eléctrica son responsables del 60% de las emisiones



Origen de las emisiones para los sectores residencial y de servicios

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

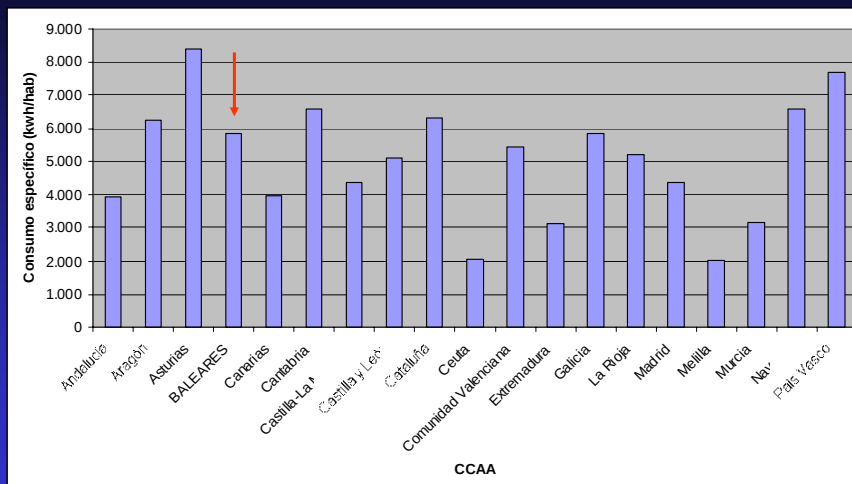


70 % de aumento en la década

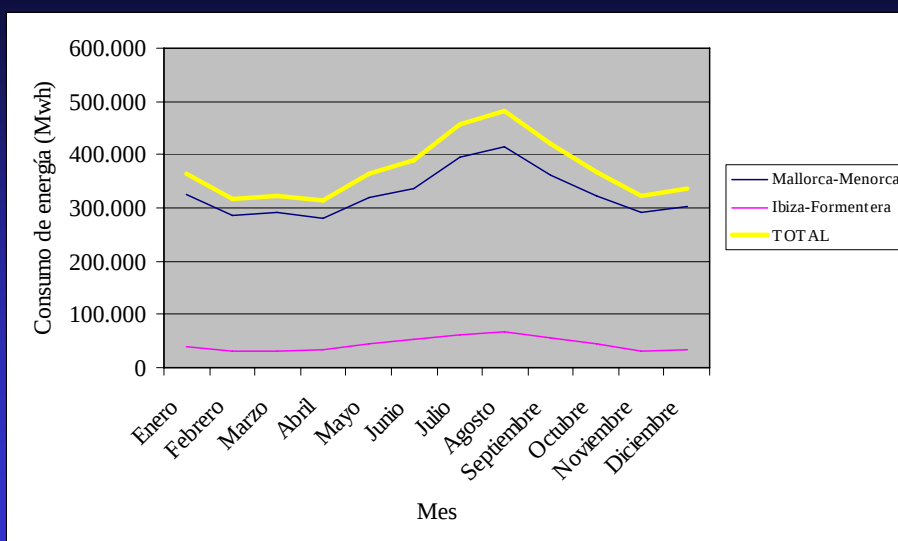
+ transporte y otros procesos

Incremento de las emisiones en un 85 %, superior a la media nacional (35 %)

DEMANDA PER CÁPITA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

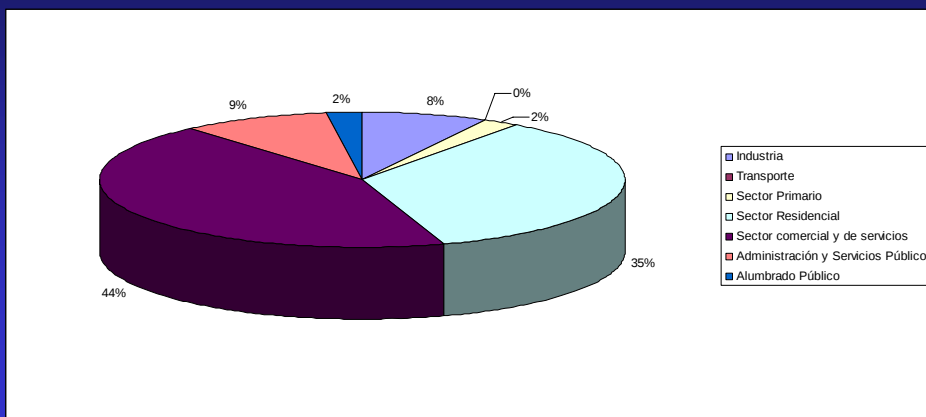


EVOLUCIÓN MENSUAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



DISTRIBUCIÓN POR SECTORES DEL CONSUMO NETO

Autoconsumos	7,8%
Pérdidas en distribución	8,5%
Consumo neto	83,7%



CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN LAS CENTRALES

expresado en tep (1 tep = 42 GJ)

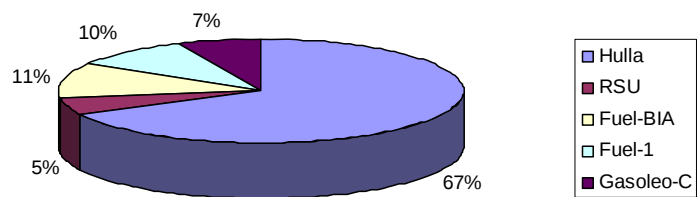
Combustible	Factor de conversión (tep/t)
Hulla	0,583
RSU	0,180
Fuel-BIA	0,960
Fuel-1	0,960
Gasoleo-C	1,035
Gas	1,230

CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN LAS CENTRALES

Central	(Mwh)	COMBUSTIBLES (tep)					Total
		Hulla	RSU	Fuel-BIA	Fuel-1	Gasoleo-C	
Alcudia	(3.502.397)	723.012		36.183		15.047	774.241
Son Molines	(8.622)					5.019	5.019
San Juan de Diós	(180.890)			50.929		434	51.363
Son Reus	(45.347)					18.726	18.726
Mahón	(190.214)			26.202		24.146	50.348
Tirme	(161.802)		57.205				57.205
Cogeneración	(18.381)					4.104	4.104
Ibiza	(530.922)				106.263	3.069	109.332
Formentera	(116)					95	95
TOTAL	(4.638.691)	723.012	57.205	113.314	106.263	70.639	1.070.433

CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN LAS CENTRALES

Central	(Mwh)	COMBUSTIBLES (tep)					Total
		Hulla	RSU	Fuel-BIA	Fuel-1	Gasoleo-C	
Alcudia	(3.502.397)	723.012		36.183		15.047	774.241
Son M							5.019
San J							51.363
Son F							18.726
Mahó							50.348
Tirme							57.205
Coge							4.104
Ibiza							109.332
Formentera	(116)					95	95
TOTAL	(4.638.691)	723.012	57.205	113.314	106.263	70.639	1.070.433

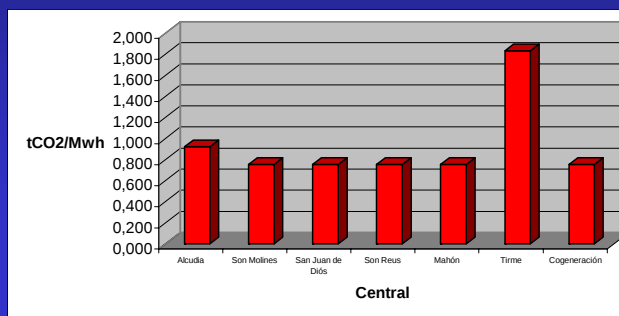
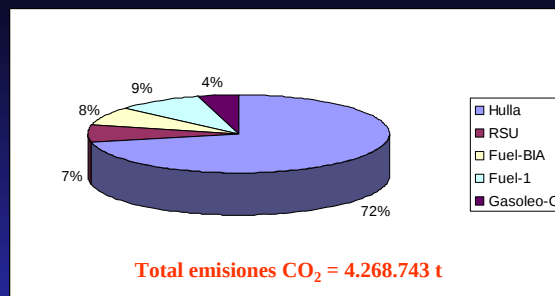


EMISIONES DE CO₂ RESULTANTES

Utilizando los factores de emisión

Tipo de Central	Factor de emisión		
	CO ₂	CH ₄	NO _x
	g/kwh	mg/kwh	
Hulla	936,0	6	4.230
Fuel-Oil	755,1	9	3.719
Incineración (RSU)	1.833,0	2	2.920
Gas (ciclo combinado)	434,3	51	463

EMISIONES DE CO₂ RESULTANTES



PROTOCOLO DE KYOTO

- 2008-2012: Reducir las emisiones un 5,2% respecto 1990
- Unión Europea -8%, pero España +15%
- Emisiones en España año 2005: +40% !!!
- Baleares 2005: 9 Mt eq. CO₂ (1990: 6 Mt, es decir +50% !!!)
- Planes Govern para adaptarse al Protocolo (**sobran 2,1 Mt**):
Eficiencia energética + fuentes renovables (-0,8 Mt)
Gasoducto + cable (-1,3 Mt)

EVOLUCIÓN ENERGÍAS RENOVABLES EN BALEARS

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

	Superficie anual instalada (m ²)	Superficie total instalada (m ²)	Capacidad producción (toneladas equiv. de petróleo)
2000	2.680	56.541	3.678
2001	1.592	58.133	3.782
2002	3.630	61.763	4.018
2003	2.678	64.441	4.192
2004	5.571	70.012	4.554

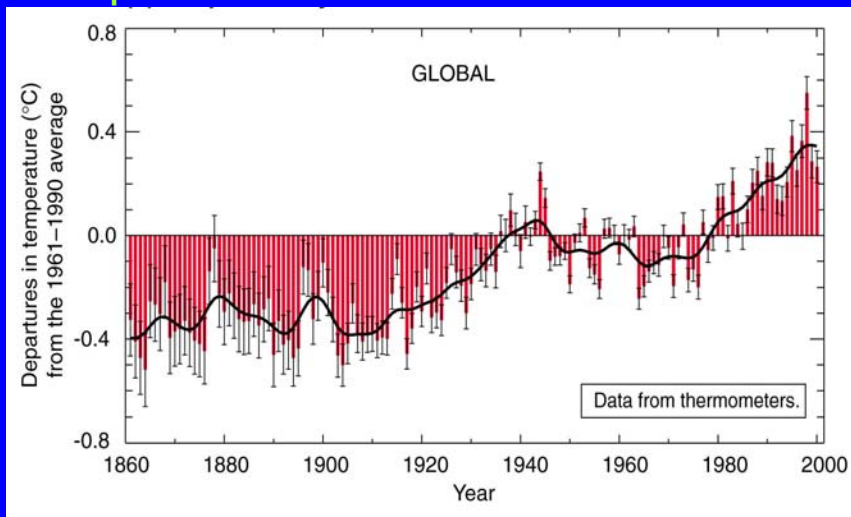
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

	Potencia anual instalada (vatios)	Potencia instalada total (W)	Capacidad producción (toneladas equiv. de petróleo)
2000	300.382	862.674	96
2001	522.020	1.384.694	155
2002	381.569	1.766.263	197
2003	426.096	2.192.359	245
2004	664.883	2.857.242	319

ENERGÍA EÓLICA

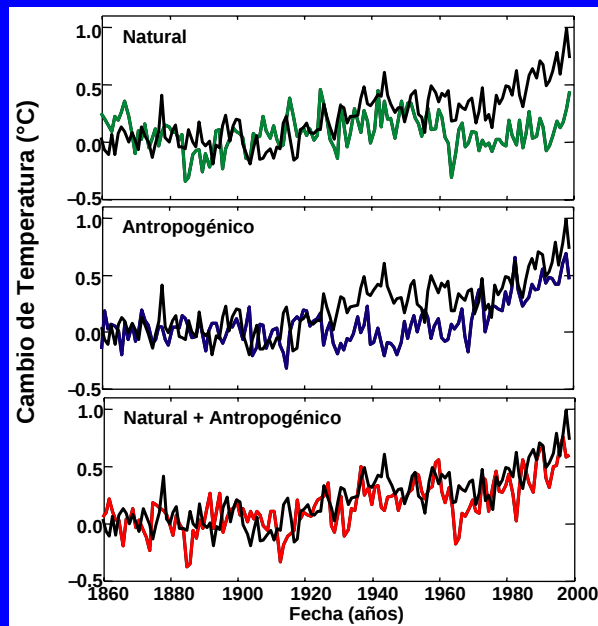
	Potencia anual instalada (W)	Potencia instalada total (W)	Capacidad producción (toneladas equiv. de petróleo)
2000	68.490	209.665	40
2001	146.239	355.904	67
2002	103.380	459.284	87
2003	78.250	537.534	102
2004	3.203.946	3.741.480	708

Variaciones de la temperatura media del aire en la superficie de la Tierra en los últimos 140 años

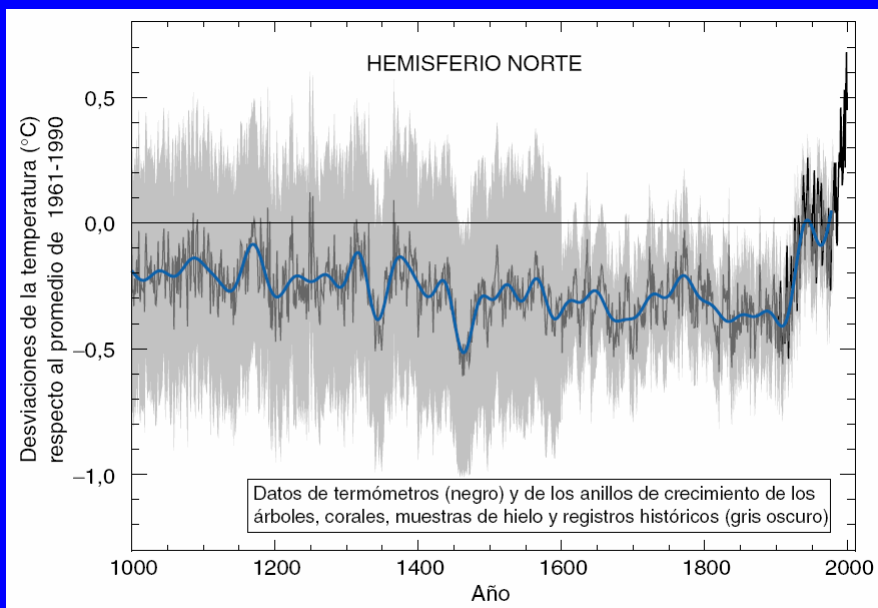


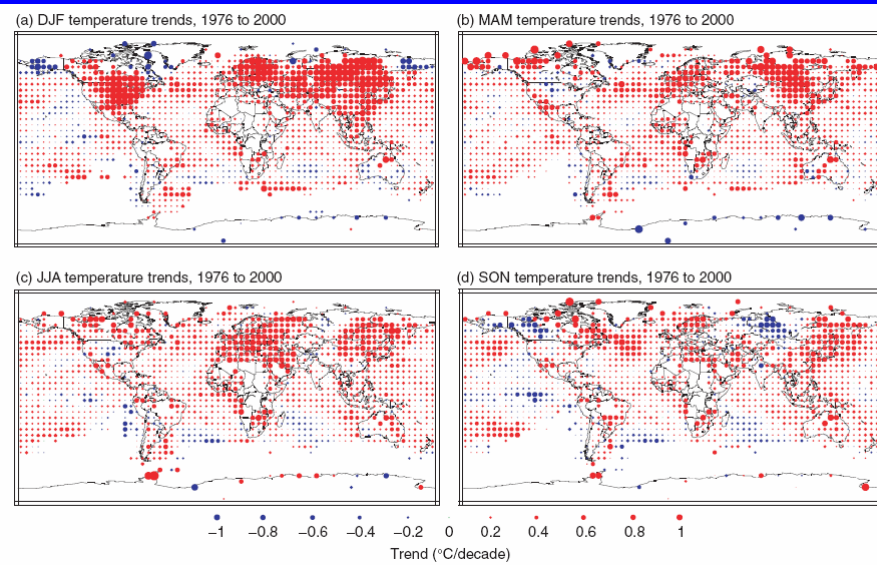
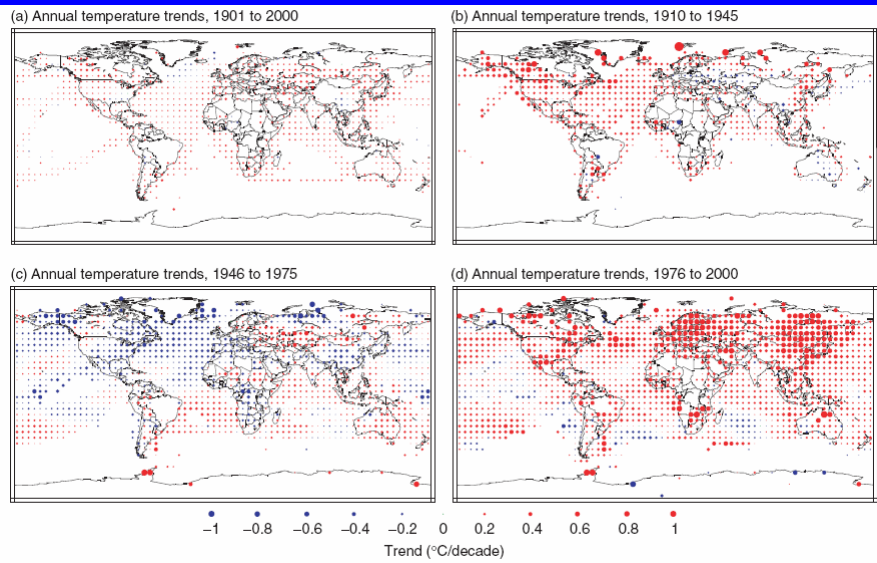
En el siglo XX entre 0.4 y 0.8 °C.
Probablemente el calentamiento mas intenso
de los últimos 1000 años en el HN

TEMPERATURAS GLOBALES OBSERVADAS Y SIMULADAS



negro = observado





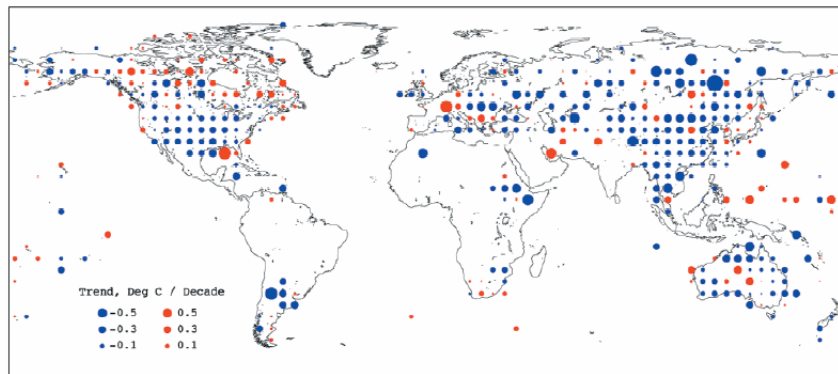


Figure. 2.2: Trends in annual diurnal temperature range (DTR, °C/decade), from 1950 to 1993, for non-urban stations only, updated from Easterling *et al.* (1997). Decreases are in blue and increases in red. This data set of maximum and minimum temperature differs from and has more restricted coverage than those of mean temperature used elsewhere in Section 2.2.

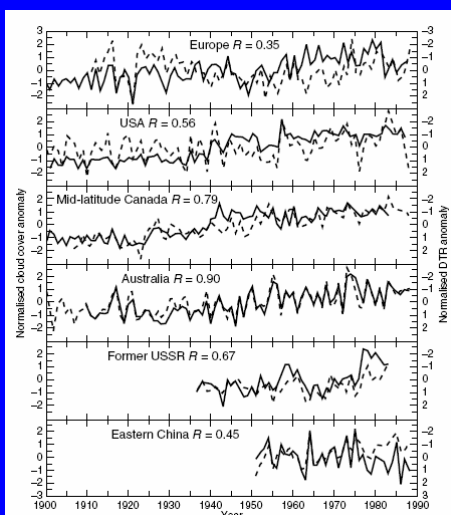


Figure 2.3: Cloud cover (solid line) and DTR (°C, dashed line) for Europe, USA, Canada, Australia, the former Soviet Union, and eastern China (from Dai *et al.*, 1997a). Note that the axis for DTR has been inverted. Therefore, a positive correlation of cloud cover with inverted DTR indicates a negative cloud cover/DTR correlation.

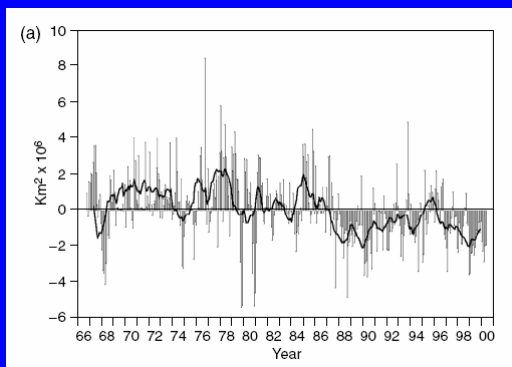
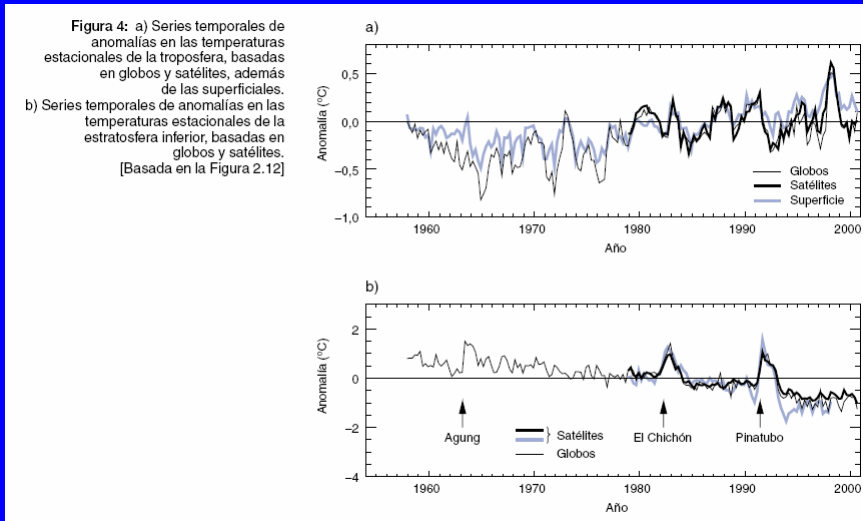


Figure 2.13: (a) Anomalies of monthly snow cover over the Northern Hemisphere lands (including Greenland) between November 1966 and May 2000. Also shown are twelve-month running anomalies of hemispheric snow extent, plotted on the seventh month of a given interval. Anomalies are calculated from NOAA/NESDIS snow maps. Mean hemispheric snow extent is 25.2 million km^2 for the full period of record. The curve of running means is extrapolated by using period of record monthly means for 12 months in the late 1960s in order to create a continuous curve of running means. Missing months fell between May and October, and no winter months are missing. June 1999 to May 2000 values are based on preliminary analyses. (b)

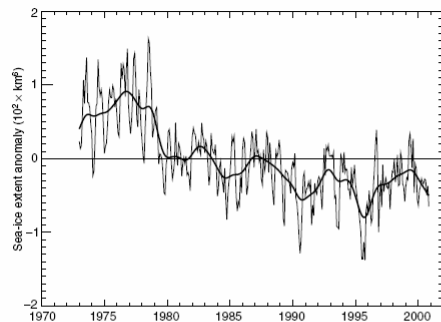


Figure 2.14: Monthly Arctic sea-ice extent anomalies, 1973 to 2000, relative to 1973 to 1996. The data are a blend of updated Walsh (Walsh, 1978), Goddard Space Flight Center satellite passive microwave (Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) and Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I)) derived data (Cavalieri *et al.*, 1997) and National Centers for Environmental Prediction satellite passive microwave derived data (Grumbine, 1996). Updated digitised ice data for the Great Lakes are also included (Assel, 1983).

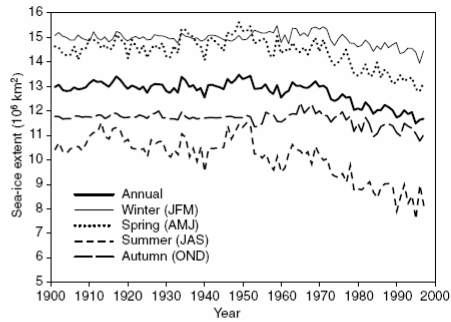


Fig 2.15: Time-series of annual and seasonal sea-ice extent in the Northern Hemisphere, 1901 to 1999. (Annual values from Vinnikov *et al.*, 1999b; seasonal values updated from Chapman and Walsh, 1993.)

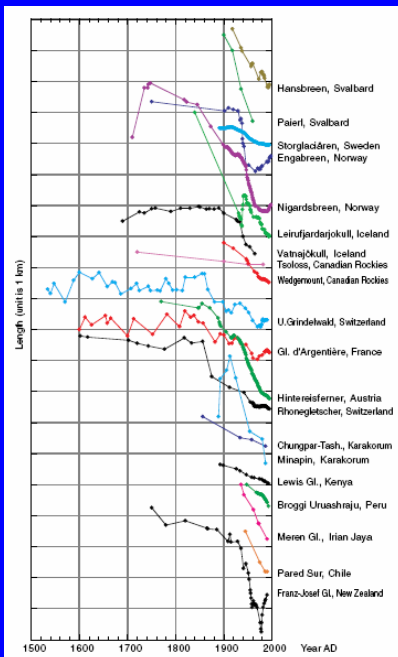


Figure 2.18: A collection of twenty glacier length records from different parts of the world. Curves have been translated along the vertical axis to make them fit in one frame. The geographical distribution of the data is also shown, though a single triangle may represent more than one glacier. Data are from the World Glacier Monitoring Service (<http://www.geo.unizh.ch/wgms/>) with some additions from various unpublished sources.

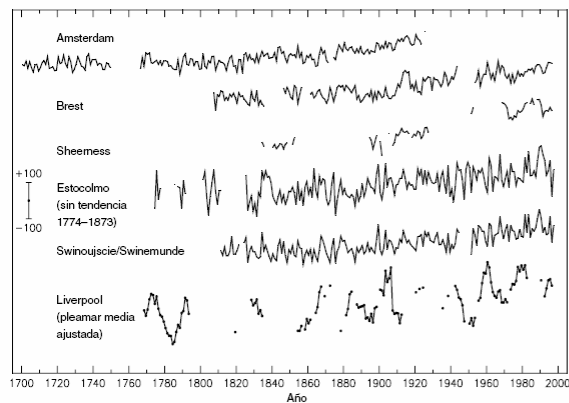
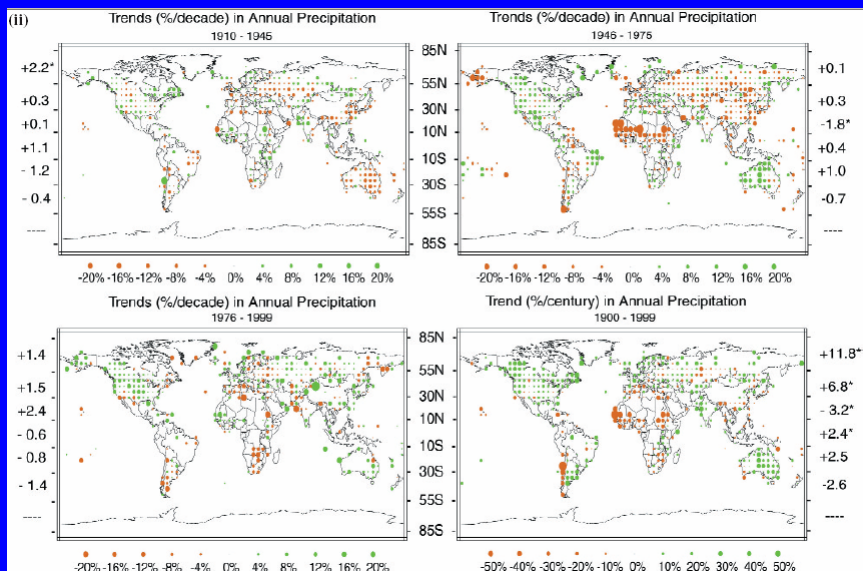


Figura 6: Serie temporal del nivel relativo del mar en los últimos 300 años en Europa septentrional: Amsterdam, Países Bajos; Brest, Francia; Sheerness, Reino Unido; Estocolmo, Suecia (sin tendencia en el período 1774–1873 para eliminar hasta el primer orden la contribución del levantamiento isostático postglacial); Swinoujscie, Polonia (antes Swinemunde, Alemania) y Liverpool, Reino Unido. Los datos de esta última son de la "pleamar media ajustada" en vez del nivel medio del mar e incluyen un término nodal (18,6 años). La barra de escala indica ± 100 mm. [Basado en la Figura 11.7]



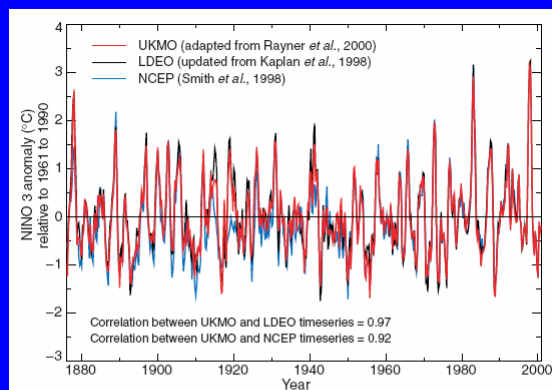
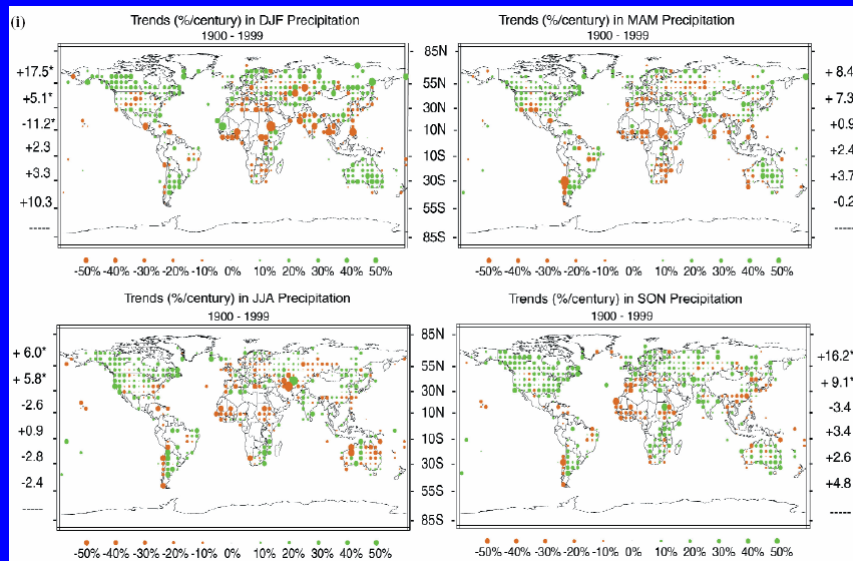


Figure 2.29: El Niño-La Niña variations from 1876 to 2000 measured by sea surface temperature in the region 5°N to 5°S, 150 to 90°W. Reconstructions using pattern analysis methods from (a) red: UK Met Office (UKMO) Hadley Centre sea ice and sea surface temperature data set version 1 (Rayner *et al.*, 2000); (b) black: from the Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO) (Kaplan *et al.*, 1998); (c) blue: the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) analysis (Smith *et al.*, 1998). 1876 is close to the earliest date for which reasonably reliable reconstructions can be made.

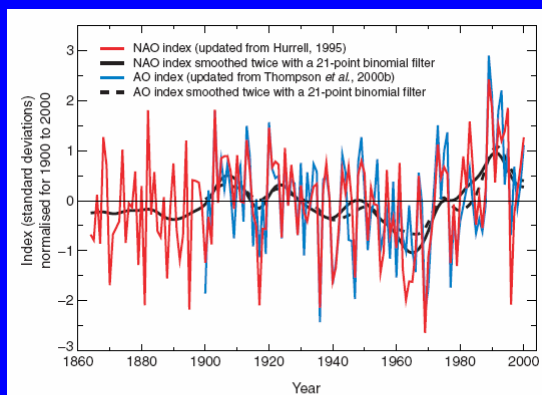
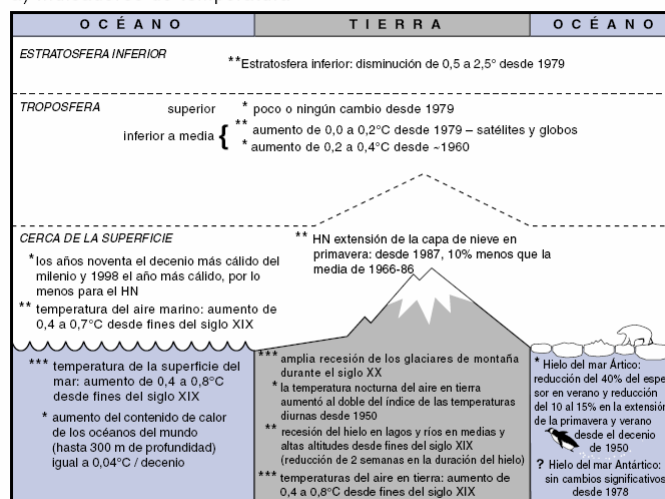


Figure 2.30: December to March North Atlantic Oscillation (NAO) indices, 1864 to 2000, and Arctic Oscillation (AO) indices, 1900 to 2000, updated from Hurrell (1995) and updated from Thompson and Wallace (2000) and Thompson *et al.* (2000b), respectively. The indices were normalised using the means and standard deviations from their common period, 1900 to 2000, smoothed twice using a 21-point binomial filter where indicated and then plotted according to the years of their Januarys.

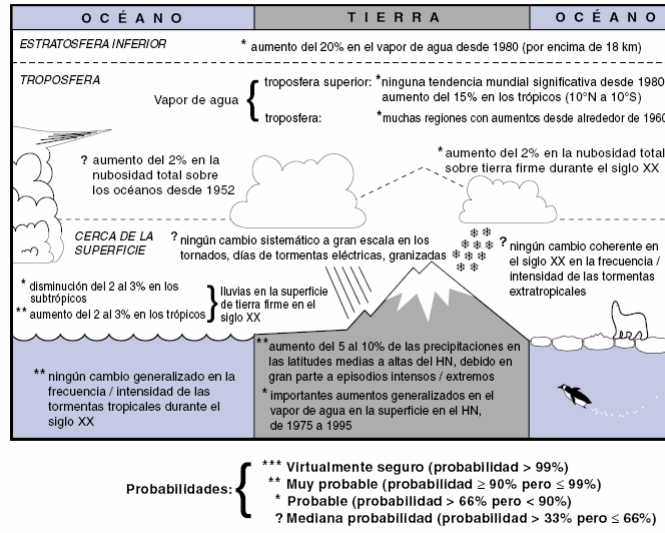
a) Indicadores de temperatura



Probabilidades: {

- *** Virtualmente seguro (probabilidad > 99%)
- ** Muy probable (probabilidad ≥ 90% pero ≤ 99%)
- * Probable (probabilidad > 66% pero < 90%)
- ? Mediana probabilidad (probabilidad > 33% pero ≤ 66%)

b) Indicadores hidrológicos y vinculados con las tormentas



El problema de la variabilidad climática y los extremos ...

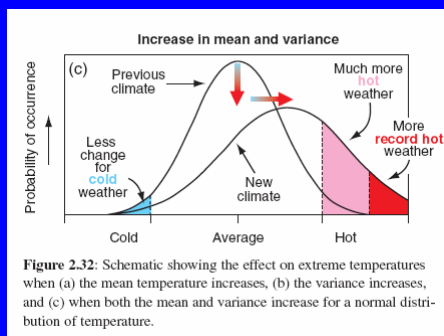
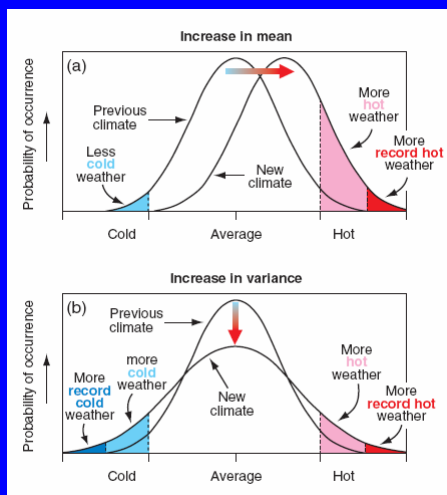
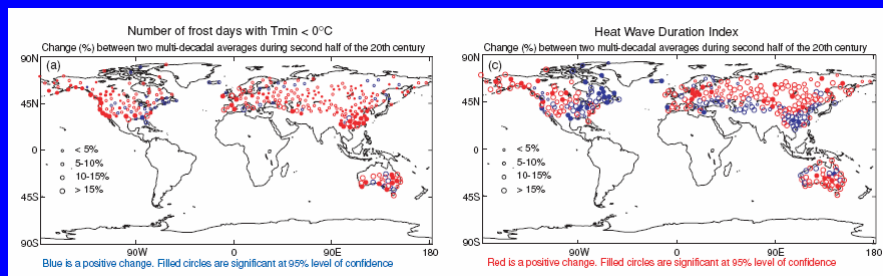


Figure 2.32: Schematic showing the effect on extreme temperatures when (a) the mean temperature increases, (b) the variance increases, and (c) when both the mean and variance increase for a normal distribution of temperature.



1946 - 1999

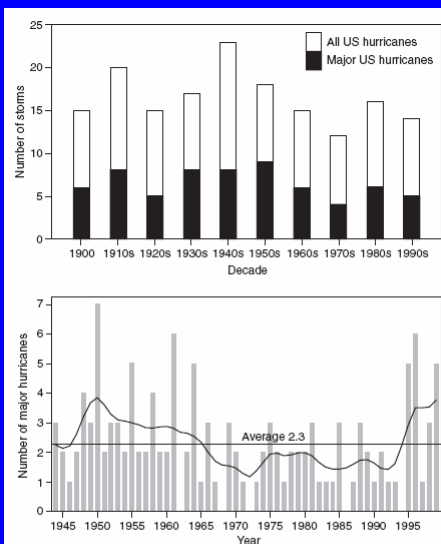
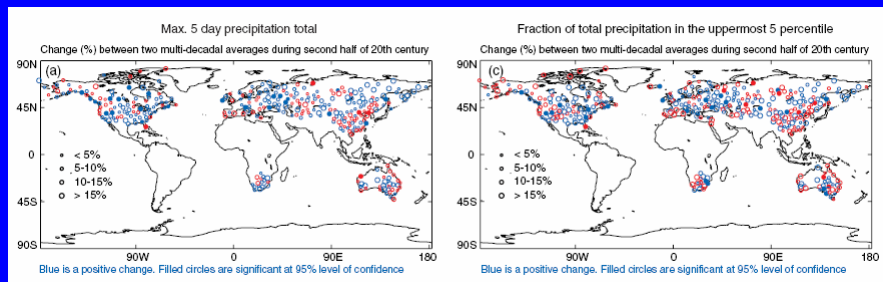


Figure 2.37: Top figure, decadal variations in hurricanes making landfall in the USA (updated from Karl *et al.*, 1995). Bottom figure, interannual variability in the number of major hurricanes (Saffir-Simpson categories 3, 4, and 5) and the long-term average across the North Atlantic (from Landsea *et al.*, 1999).

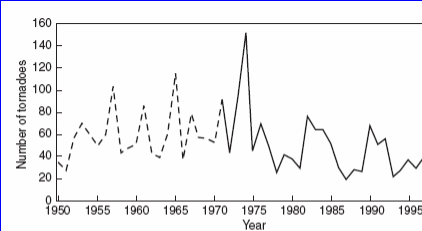


Figure 2.38: Annual total number of very strong through violent (F3-F5) tornadoes reported in the USA, which are defined as having estimated wind speeds from approximately 70 to 164 m s^{-1} . The Fujita tornado classification scale was implemented in 1971. Prior to 1971, these data are based on storm damage reports (National Climatic Data Center, NOAA).

Cuadro 1: Evaluaciones del grado de confianza en los cambios observados y proyectados en fenómenos climáticos y de tiempo extremos

Grado de confianza en los cambios observados (segunda mitad del siglo XX)	Cambios en el fenómeno	Grado de confianza en los cambios proyectados (durante el siglo XXI)
Probable ⁷	Temperaturas máximas más elevadas y más calor en casi todas las zonas terrestres	Muy probable ⁷
Muy probable ⁷	Temperaturas mínimas más elevadas, menos días de frío y de heladas en casi todas las zonas terrestres	Muy probable ⁷
Muy probable ⁷	Menor amplitud del margen de variación de la temperatura diurna en la mayoría de las zonas terrestres	Muy probable ⁷
Probable ⁷ en muchas zonas	Aumento del índice de calor ¹² en las zonas terrestres	Muy probable ⁷ en la mayoría de las zonas
Probable ⁷ en muchas zonas terrestres de latitudes medias y altas del hemisferio norte	Más episodios ⁸ de precipitación intensa	Muy probable ⁷ en muchas zonas
Probable ⁷ en algunas zonas	Mayor desecación continental estival y riesgo asociado de sequía	Probable ⁷ en la mayoría de las zonas continentales interiores de latitud media (faltan proyecciones coherentes en las otras zonas)
No se observa en los pocos análisis disponibles	Aumento de las intensidades ⁶ máximas de los vientos de los ciclones tropicales	Probable ⁷ en algunas zonas
Datos insuficientes para efectuar una evaluación	Aumento de las intensidades ⁶ máximas y medias de las precipitaciones de los ciclones tropicales	Probable ⁷ en algunas zonas

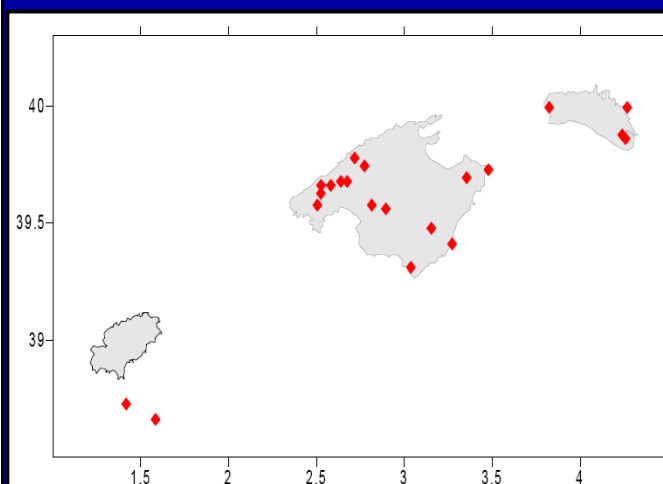
^a Para mayor información, véanse los capítulos 2 (observaciones), 9 y 10 (proyecciones).
^b Para las otras zonas, no hay datos suficientes o los análisis son contradictorios.
^c Los cambios pasados y futuros en la ubicación y frecuencia de los ciclones tropicales no son seguros.

Tendències Climàtiques observades a les Illes Balears

PRECIPITACIÓ

Estacions pluviomètriques

S'han seleccionat les estacions de les Illes Balears amb mesures de precipitació diària disponibles des de l'any 1951 fins al 2004. Només 21 estacions compleixen aquest requisit a les Illes

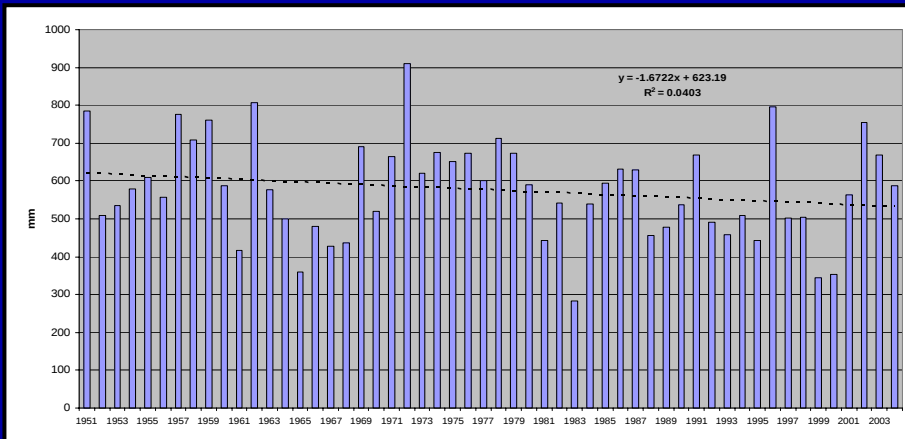


21 estacions

B061 SÓLLER
B178 CALVIÀ
B217 LA CAMPANETA
B220 SON NÉT
B240 ESPORLES
B244 SON PACS
B260 BUNYOLA RAIXA
B282 XORRIGO
B379 SES SALINES SA VALL
B434 FAR DE PORTO COLOM
B520 ARTÀ
B569 FAR DE CAPDEPERA
B606 FELANITX
B648 ORIENT (SON BERNADES)
B670 ALGAIDA I (FARMÀCIA)
B801 SANT LLUIS
B802 MAÓ LLUCMASSANES
B818 MAÓ FAR DE FAVARITX
B851 CIUTADELLA F. PORT
B982 LA SAVINA
B999 FAR DE FORMENTERA

Precipitació mitjana anual

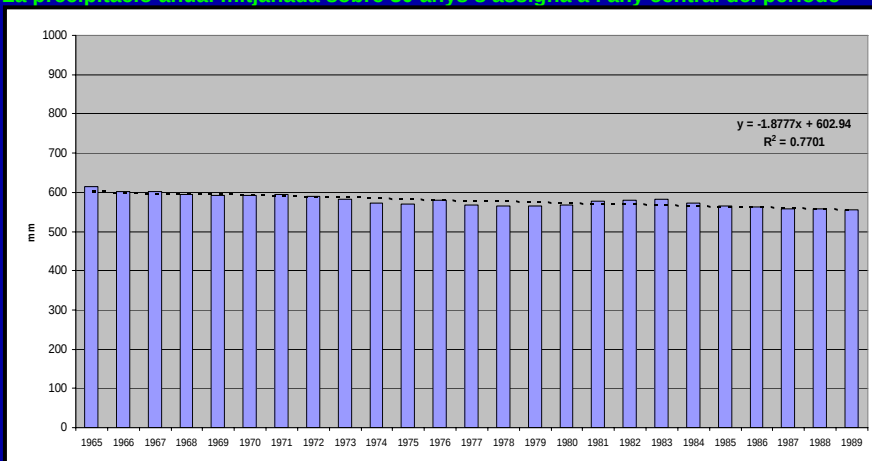
- Per cada una de les estacions pluviomètriques es calcula la precipitació total anual
- La precipitació anual mitjana a les Illes Balears s'obté com a promig de les 21 estacions



Tot i les oscil·lacions de període 16-18 anys i la variabilitat interanual que presenta la sèrie, l'ajust lineal mostra com la precipitació mitjana anual a les Illes ha disminuït a un ritme mig de 167 mm en 100 anys, el que significa una pèrdua d'un 29% de la precipitació mitjana anual en 100 anys.

Precipitació mitjana 30 anys

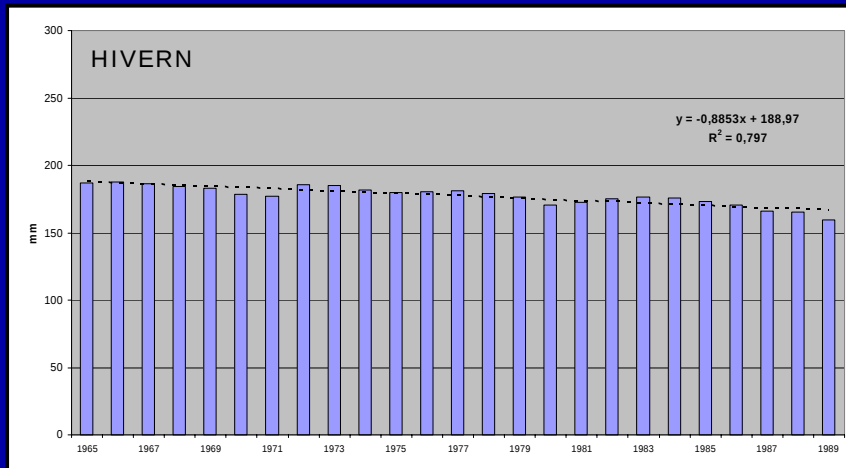
- Per a eliminar l'efecte d'anys concrets sobre el càlcul de la tendència, s'utilitzen mitjanes sobre temps més llargs que 1 any, com per exemple 30 anys
- La precipitació anual mitjanada sobre 30 anys s'assigna a l'any central del període



En aquest cas, s'obté una reducció de la precipitació mitjana anual a les Illes equivalent a un ritme mig de pèrdua de 188 mm en 100 anys.

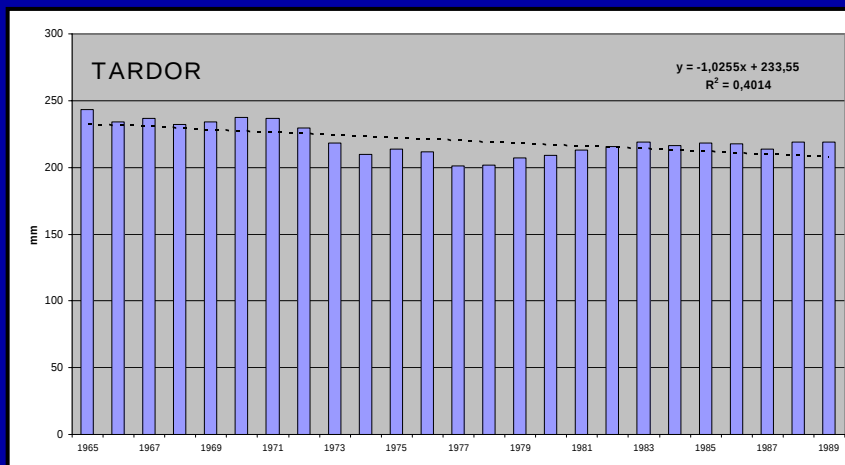
Precipitació mitjana estacional

- Per a estudiar l'evolució de les precipitacions a cada estació de l'any, calculem la mitjana estacional de la precipitació entre les 21 estacions pluviomètriques Balears considerades
- De nou, s'utilitza la mitjana sobre 30 anys per obtenir resultats més representatius
- Les estacions que mostren canvis més significatius en la precipitació són l'hivern i la tardor



Per a l'hivern, s'obté una reducció de la precipitació mitjana de 88 mm en 100 anys.

Precipitació mitjana estacional



Tot i utilitzar la mitjana de 30 anys, per a la tardor encara s'observen oscil·lacions importants a la sèrie. La tendència lineal mostra una reducció de la precipitació mitjana de 103 mm en 100 anys.

Número de dies amb precipitació

• La precipitació mitjana diària a les Balears s'obté com a mitjana de les 21 estacions disponibles. Llavors, es computen el número de dies per any en que ha plogut dins uns marges de precipitació:

Dèbils

Moderades

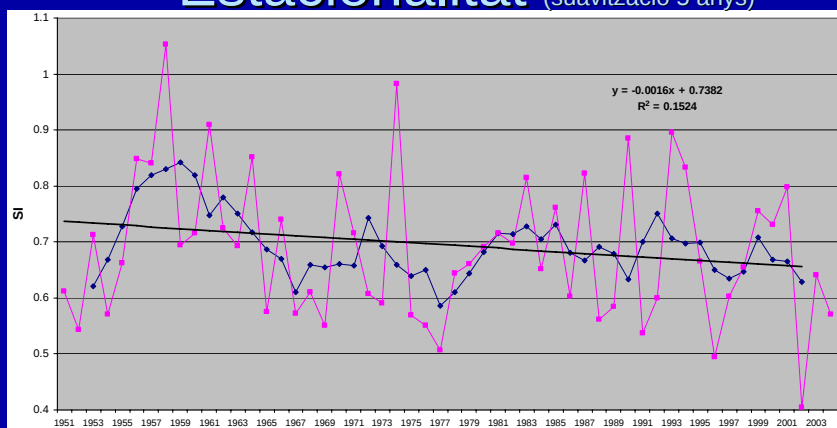
Fortes

Molt fortes

Categoria (mm)	Mitjana (dies/any)	Tendència (dies/100 anys)
< 1	18.70	+3.45
1 – 2	19.30	+6.65
2 – 4	23.72	-5.34
4 – 8	7.41	-3.69
8 – 16	2.67	-1.73
16 – 32	0.44	+0.13
> 32	0.04	+0.05

• El número de dies amb precipitacions dèbils o molt fortes ha augmentat, mentre els dies amb precipitacions moderades i fortes són ara menys freqüents

Estacionalitat (suavització 5 anys)

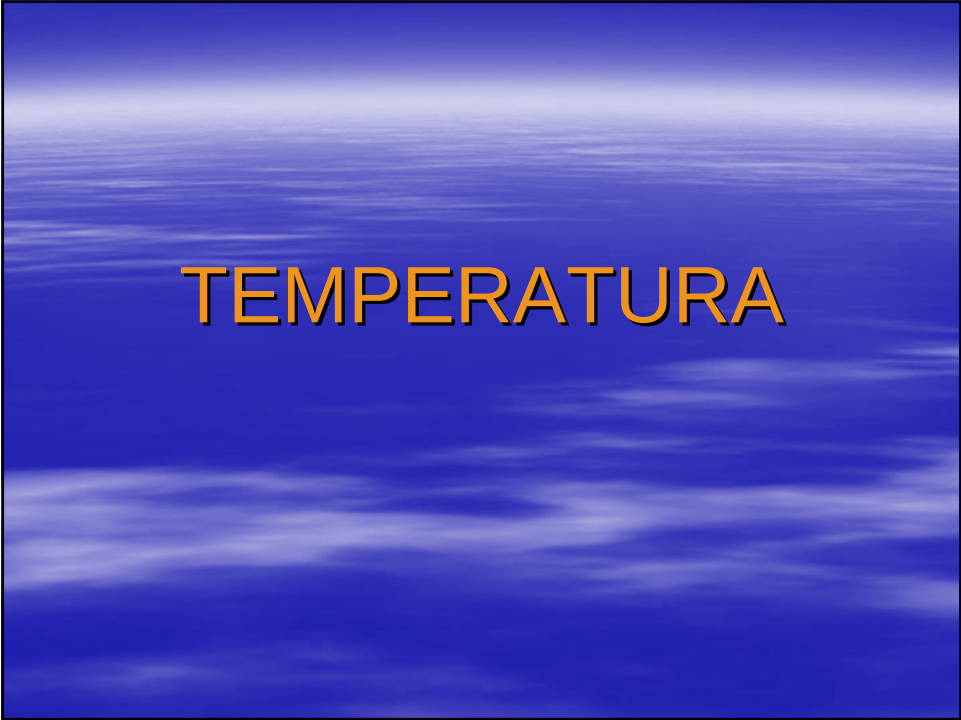


-0.16/100 anys (99%).
Interval de confiança al 95%: -0.27,-0.05

Valor Índex	Règim pluviomètric
<0.19	pluja distribuïda durant tot l'any
0.20-0.39	estació humida ben marcada
0.40-0.59	estació seca curta
0.60-0.79	Estacional
0.80-0.99	estació seca llarga
1.00-1.99	precipitació en menys de 3 mesos
>1.20	precipitació en 1-2 mesos

Conclusions precipitació diària

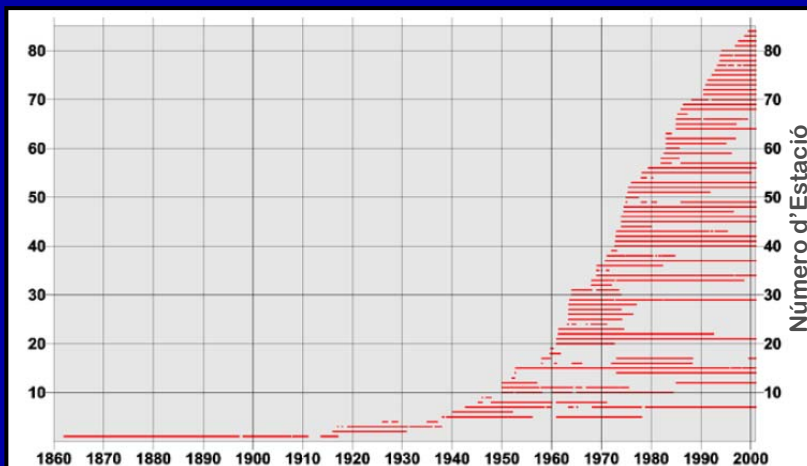
- Es confirma la **disminució de la precipitació anual** mitjana a un ritme aproximat de **200 mm/100 anys**. Augmenta la confiança estadística d'aquest resultat.
 - Aquest ritme suposa una **reducció del 29%** de les precipitacions anuals a les Balears en 100 anys.
 - Els ritmes de pèrdua de precipitació durant les estacions més plujoses Balears són del **50% al hivern i el 45% a la tardor**, aproximadament.
- Es confirma l'**augment** en la freqüència de dies de **precipitació poc intensa i molt intensa**, i la **disminució** en la freqüència de dies de **precipitació moderada**. Iguals resultats en les contribucions d'aquestes a la precipitació total.
- Es confirma la lleugera tendència cap a una **desestacionalització** de la precipitació.



TEMPERATURA

Estacions termomètriques

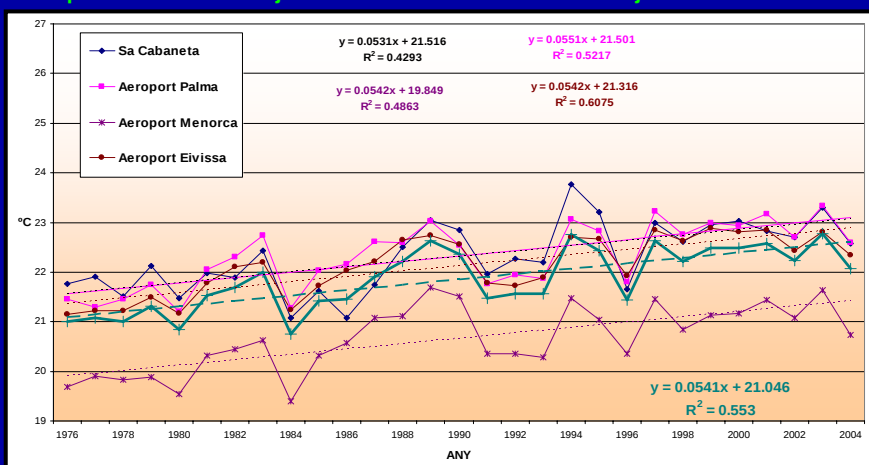
S'han seleccionat les estacions de les Illes Balears amb registres de temperatura diària màxima i mínima disponibles des de l'any 1976 fins al 2004. Només 4 estacions compleixen aquest requisit a les Illes: Palma Aeroport, Menorca Aeroport, Eivissa Aeroport i Sa Cabaneta.



La sèrie més antiga (Lluc) conté dades del segle XIX però es discontinuà als anys 1910.

Temperatura màxima mitjana anual

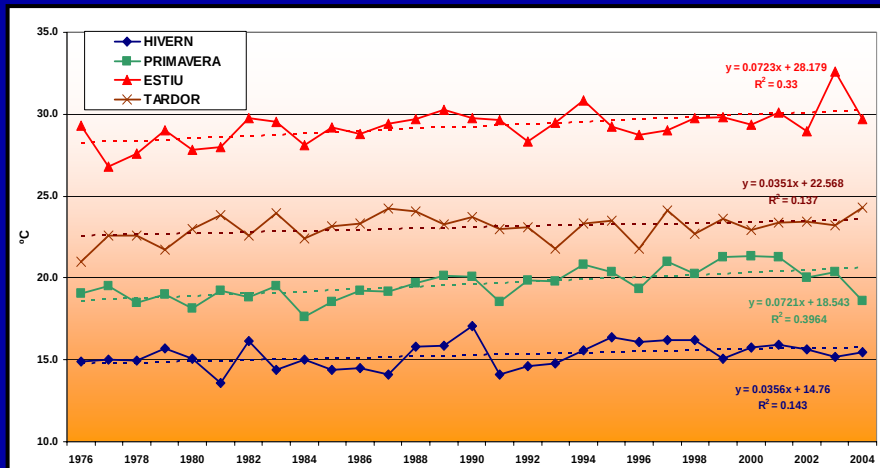
- Per cada una de les estacions termomètriques es calcula la màxima diària mitjana anual
- La temperatura màxima mitjana anual a les Balears s'obté amitjanant les 4 estacions



Tot i la variabilitat interanual que presenta la sèrie, l'ajust lineal mostra un increment de les temperatures màximes a un ritme mig de 5°C en 100 anys, amb l'increment més accentuat a l'Aeroport de Palma, on s'obté un escalfament mig de 5.5°C en 100 anys.

Temperatura màxima mitjana estacional

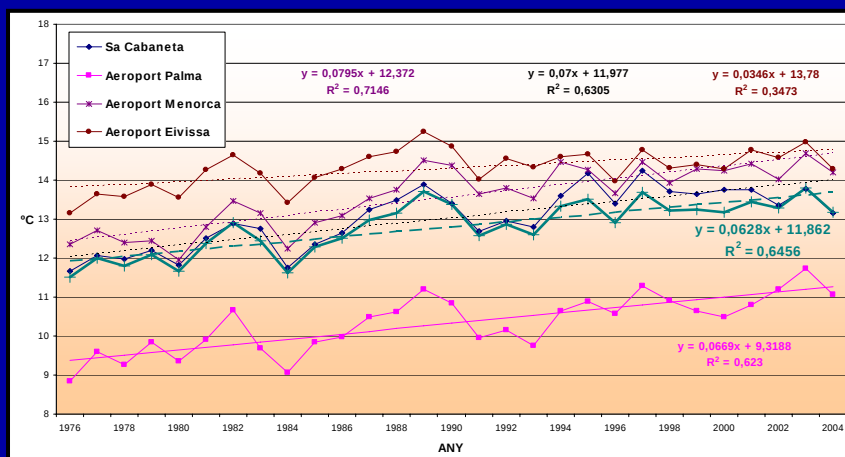
- Per a estudiar l'evolució de la temperatura màxima per estació de l'any, calculem la mitjana estacional de les màximes enregistrades a les 4 estacions termomètriques Balears



Les tendències per estació mostren que durant l'estiu i la primavera les temperatures màximes han augmentat a un ritme mig de més de 7°C en 100 anys. El ritme d'escalfament obtingut per a l'hivern i la tardor és de 3.5°C.

Temperatura mínima mitjana anual

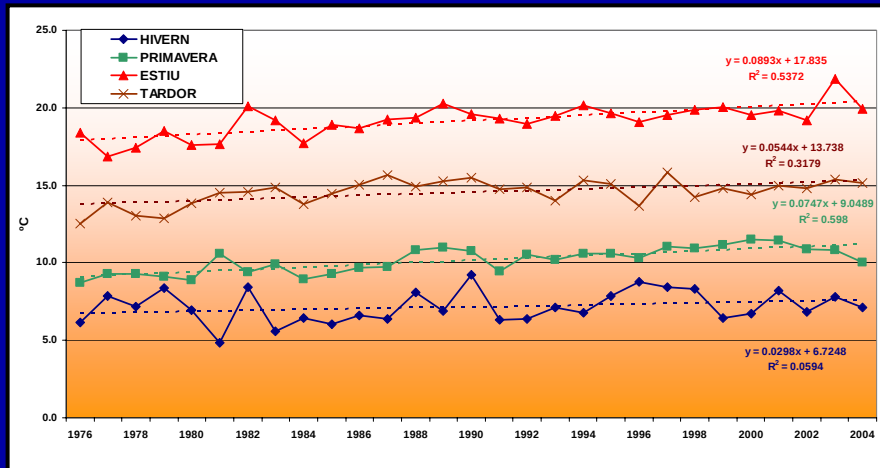
- Per cada una de les estacions termomètriques es calcula la mínima diària mitjana anual
- La temperatura màxima mitjana anual a les Balears s'obté amitjanant les 4 estacions termomètriques disponibles



Tot i la variabilitat interanual que presenta la sèrie, l'ajust lineal mostra un increment de les temperatures mínimes a un ritme mig de 6°C en 100 anys, amb un increment més accentuat a l'Aeroport de Menorca, on s'obté un escalfament mig de 8°C en 100 anys.

Temperatura mínima mitjana estacional

• Per a estudiar l'evolució de la temperatura mínima per estació de l'any, calculem la mitjana estacional de les mínimes enregistrades a les 4 estacions termomètriques Balears



De la mateixa manera que amb les màximes, les estacions que mostren major augment de les temperatures mínimes són l'estiu i la primavera, amb 9 i 7°C d'augment mig en 100 anys.

Conclusions temperatura

- S'ha obtingut una lleugera suavització del increment de les temperatures màximes i mínimes mitjanes respecte als darrers càlculs de 2000. El ritme d'augment és de 5.41 i 6.28 °C/100 anys, respectivament.
- Les temperatures màximes augmenten a un ritme major que el calculat fins ara durant l'estiu i la tardor, i augmenten a un ritme menor durant el hivern i la primavera.
- Les temperatures mínimes augmenten a un ritme major que el calculat fins ara durant la tardor, i augmenten a un ritme menor durant l'hivern, primavera i estiu.

ESQUEMA

- 1) **Clima terrestre.-** Factores determinantes; importancia de los gases de efecto invernadero
- 2) **Cambio climático.-** Influencia antrópica y tendencias observadas
- 3) **Cambio climático futuro.-** Escenarios de emisiones, modelos de simulación del clima y técnicas de regionalización
- 4) **Algunos impactos del cambio climático**

IPCC Scenarios

In 1996, the IPCC began the development of a new set of emissions scenarios (**SRES**), effectively to update and **replace the IS92 scenarios**. Four different narrative **storylines (A1, A2, B1 and B2)** were developed to describe consistently the relationships between the forces driving emissions and their evolution.

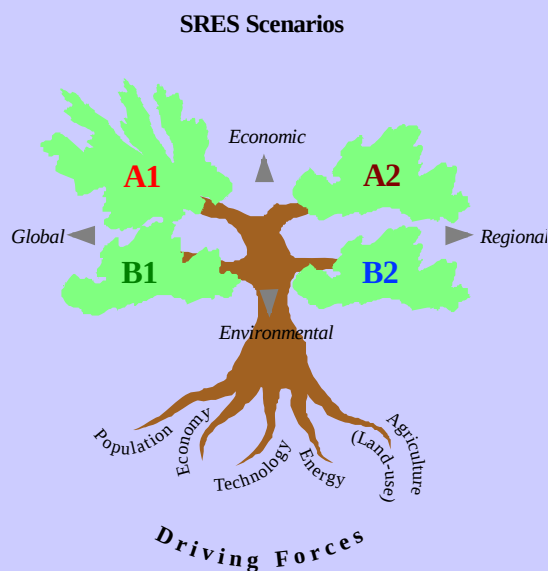
- **SRES A1:** Describe a future world of very rapid economic growth, low population growth and rapid introduction of new and more efficient technology. Major underlying themes are economic and cultural convergence and capacity building, with a substantial reduction in regional differences in per capita income. In this world, people pursue personal wealth rather than environmental quality.

- **SRES A2:** Describe a very heterogeneous world. The underlying theme is that of strengthening regional cultural identities, with an emphasis on family values and local traditions, high population growth, and less concern for rapid economic development.

•**SRES B1:** Describe a convergent world with rapid change in economic structures, "dematerialization" and introduction of clean technologies. The emphasis is on global solutions to environmental and social sustainability, including concerted efforts for rapid technology development, dematerialization of the economy, and improving equity.

•**SRES B2:** Describe a world in which the emphasis is on local solutions to economic, social, and environmental sustainability. It is again a heterogeneous world with less rapid, and more diverse technological change but a strong emphasis on community initiative and social innovation to find local, rather than global solutions.

Schematic Illustration of SRES Scenarios



Factors especially:

Population
GDP
Standards of living
Energy use
Carbon/coal usage

Expected greenhouse effect concentration gases

A1B, A1T and A1FI are variations of main A1 SRES: fossil intensive (A1FI), non-fossil energy sources (A1T), or a balance across all sources (A1B)

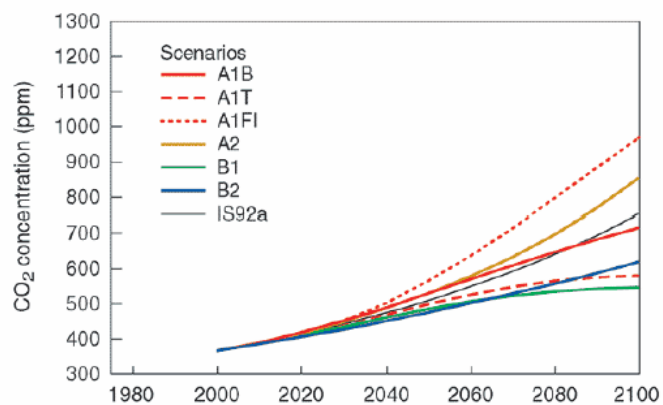
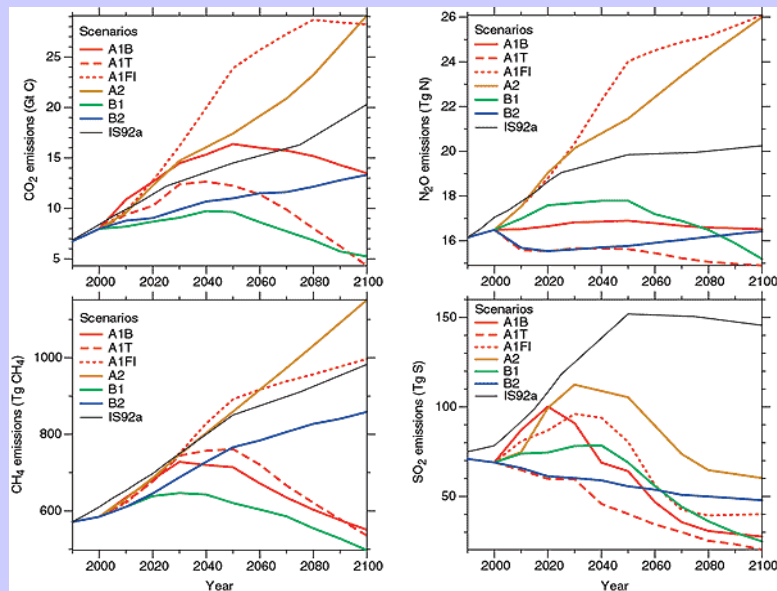


Figura 6.3. La concentració de CO₂ a l'atmosfera, com a resultat de les emissions presentades en la figura anterior. Noteu que malgrat en alguns escenaris les emissions comencen a disminuir cap a mitjan de segle, la concentració segueix augmentant, atès que l'escala de temps característica per assolir un nou equilibri en la concentració de CO₂ és d'uns 200 anys. [Figura extreta de Houghton *et al.*, 2001]

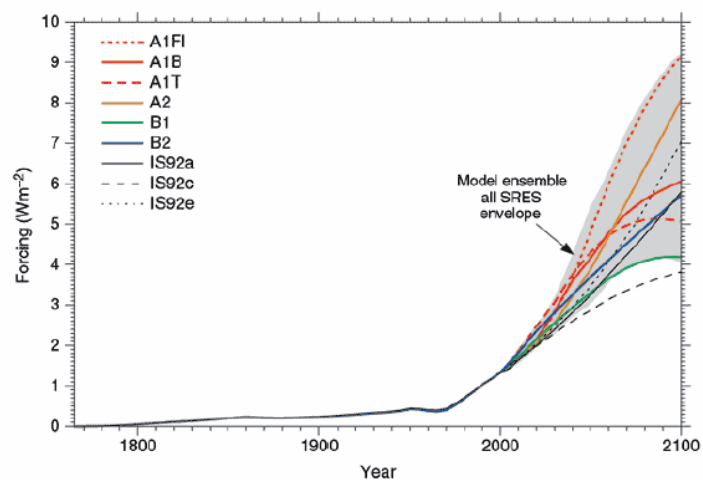
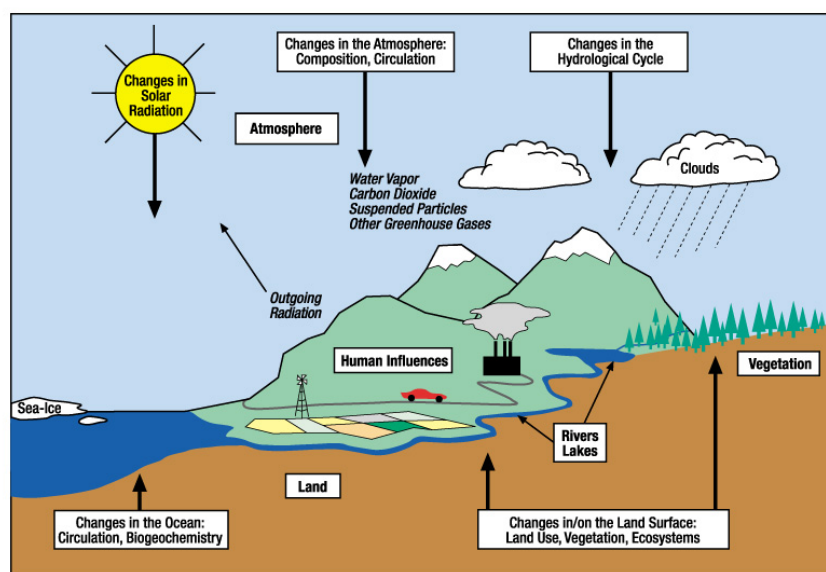


Figura 6.4. El forçament radiatiu, des de 1750 fins el 2100, calculat pels diferents escenaris de l'informe SRES. En diversos colors es representen els escenaris principals, i l'ombregat gris cobreix tots els escenaris analitzats en l'informe. També s'inclouen alguns escenaris entre els emprats en l'anterior informe del IPCC, de 1995 (IS92a,c,e). [Figura extreta de Houghton *et al.*, 2001]

The Climate System and Influences

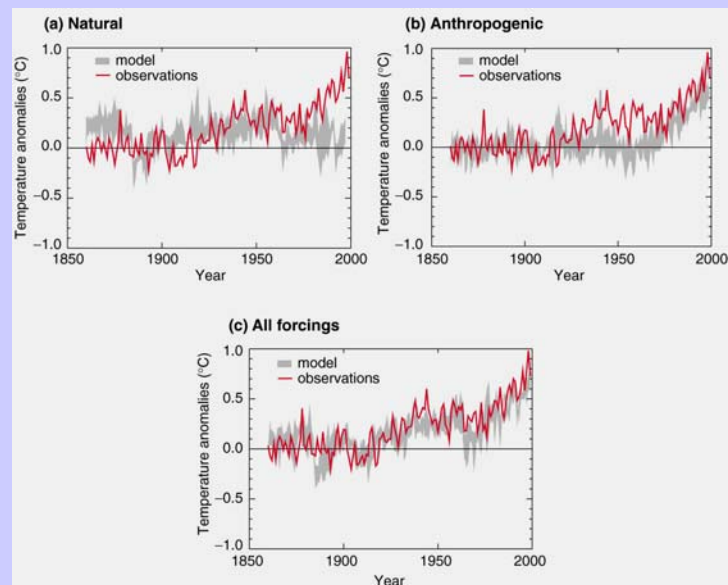


Which tool ? Climate Simulation Models (AOGCM)

NOMBRE DEL MODELO	CENTRO (PAÍS)	RESOLUCIÓN ATMOSFÉRICA	RESOLUCIÓN OCEÁNICA	ESCENARIOS SRES SIMULADOS
CCSR/NIES 2	CCSR/NIES (Japón)	5.6×5.6 (20)	2.8×2.8 (17)	A1,A1FI,A1T,A2,B1,B2
CGCM 1,2	CCC (Canadá)	3.7×3.7 (10)	1.8×1.8 (29)	A2,B2
CSIRO-Mk2	CSIRO (Australia)	5.6×3.2 (9)	5.6×3.2 (21)	A1,A2,B1,B2
ECHAM4/OPYC3	MPIM (Alemania)	2.8×2.8 (18)	2.8×2.8 (11)	A2,B2
GFDL R30 c	GFDL (EEUU)	2.25×3.75 (14)	1.875×2.25 (18)	A2,B2
HadCM3	UKMO (Reino Unido)	2.5×3.75 (19)	1.25×1.25 (20)	A1,A1FI,A2,B1,B2

Tabla 1. Características de los AOGCM, y escenarios de emisiones SRES simulados por éstos, cuyos resultados se pueden obtener del DDC-IPCC: http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/dkrz/dkrz_index.html. El tamaño horizontal de las celdillas atmosféricas y oceánicas se expresa en grados de latitud-longitud, y entre paréntesis se indica el número de niveles en la vertical.

Simulated Annual Global Mean Surface Temperatures



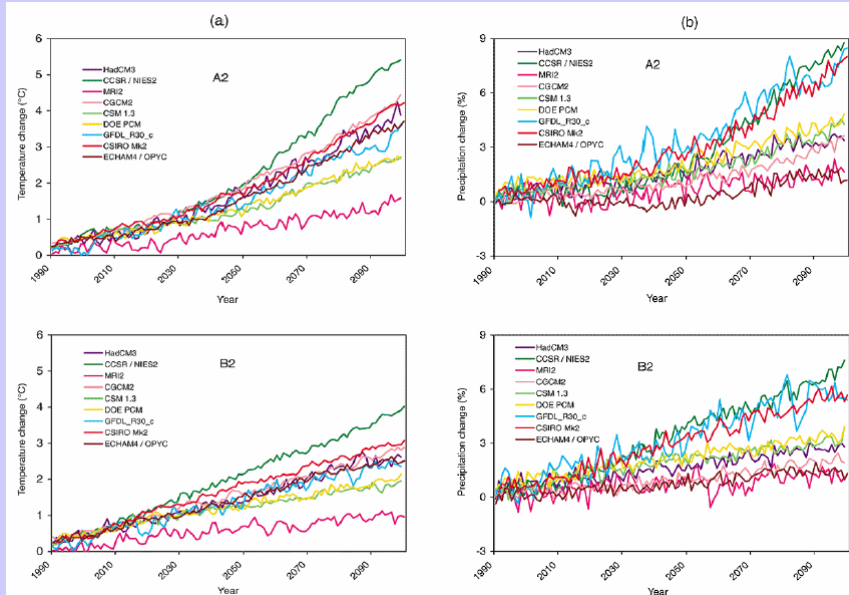


Figura 6.5. L'evolució temporal de la temperatura i precipitació (canvis respecte els valors mitjans del període 1961-1990) previstos per diversos models AOGCM i emprant els escenaris A2 i B2 generats pel SRES pel que fa a les emissions de gasos amb efecte hivernacle i aerosols.

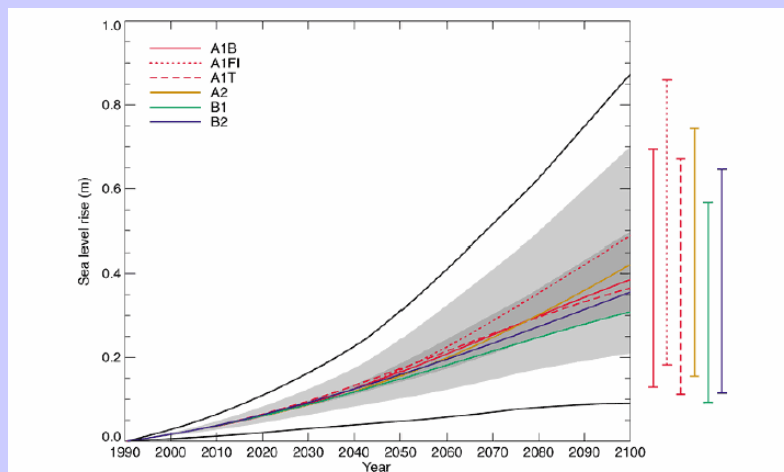
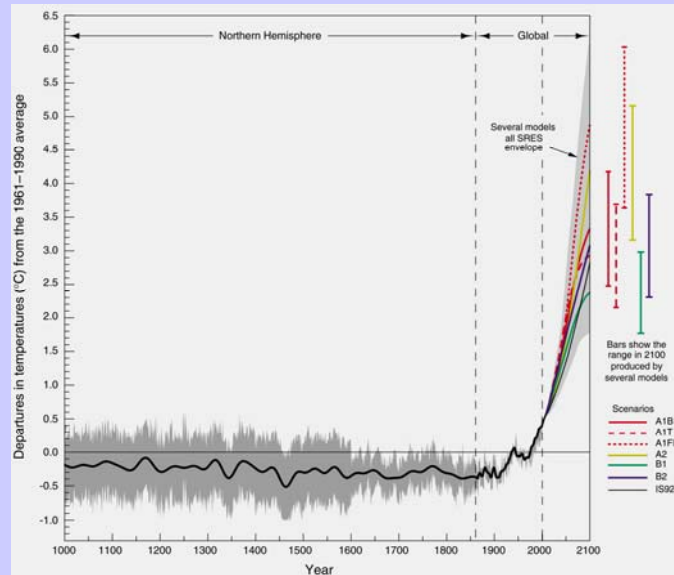


Figura 6.7. L'evolució temporal de l'augment del nivell del mar entre 1990 i 2100 pels diversos escenaris SRES. Les principals contribucions a l'augment del nivell del mar (dilatació tèrmica i canvis en el gel continental) s'han calculat amb un model simple ajustat a 7 models AOGCM. Es donen les evolucions mitjanes previstes, i la incertesa (el rang de resultats obtinguts amb els diferents models AOGCM) pel 2100, per cadascun dels 6 escenaris principals (línies de colors). Els ombrejats corresponen a les simulacions efectuades amb tots els escenaris SRES. Les línies negres més externes inclouen els efectes d'afegir la incertesa en la resposta dels gels terrestres, del *permafrost* i de la deposició de sediments. [Figura extreta de Houghton *et al.*, 2001].

Variations of the Earth's Surface Temperature: 1000 to 2100

- 1000 to 1861, N. Hemisphere, proxy data;
- 1861 to 2000 Global, Instrumental;
- 2000 to 2100, SRES projections



Climate Change is Global, but ...



Climate Change Impacts are Local



Regional Nature of Climate Change

Impacts

- Water Resources
- Ecosystem Vulnerability
- Agriculture
- Coastal Systems
- Human Health
- Energy

Primary Drivers

Precipitation, Winds,
and Temperature

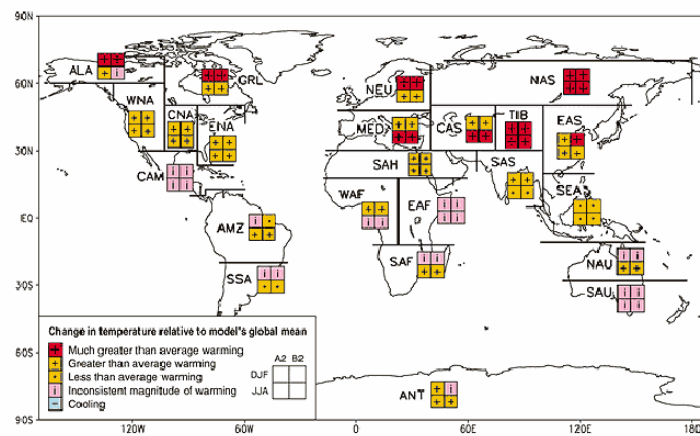


Figura 6.8. S'analitza l'escalfament regional relatiu (és a dir, relatiu a l'escalfament global predit per cada model). L'etiqueta "Much greater than average warming" és per regions on l'escalfament és 40% per sobre del global. "Greater than average warming" vol dir escalfament superior al global. "Less than average warming" correspon a un escalfament inferior al global. "Inconsistent magnitude of warming" vol dir que els diversos models no tenen una resposta majoritàriament comuna. Hi ha una etiqueta per cadascun del dos escenaris (A2 i B2) i pels períodes d'hivern a l'hemisferi nord (DJF) i d'estiu (JJA). [Figura extreta de Houghton *et al.*, 2001].

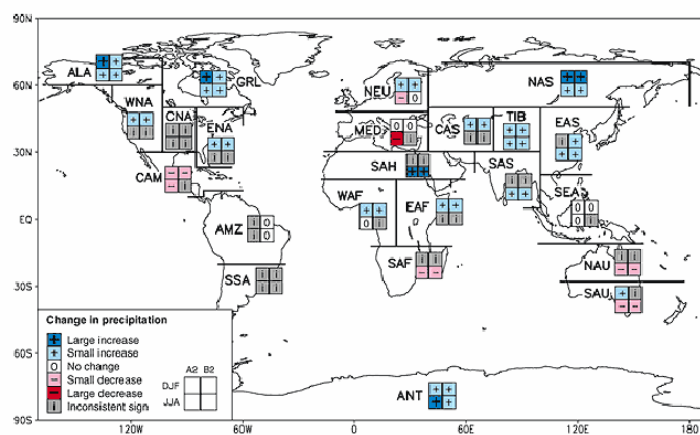


Figura 6.9. S'analitza el canvi en les precipitacions a nivell regional. L'etiqueta "Large increase" és per regions on es preveu augment de precipitació de més del 20%. "Small increase" és per increments entre el 5 i el 20%. "No change" quan l'acord s'assoleix per canvis entre -5 i +5%. "Small decrease" quan la predicció és de disminució de la precipitació entre un 5 i un 20%. "Large decrease" és per regions on es preveu disminucions superiors al 20%. "Inconsistent sign" quan els models mostren tendències ben diferents. [Figura extreta de Houghton *et al.*, 2001].

The Problem of Scale

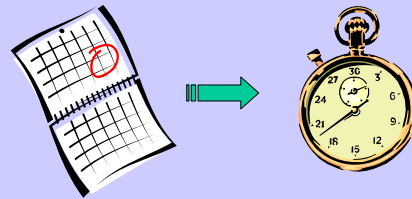
- *Spatial Scales of Importance*

- Global
- Regional
- State/Province
- Watershed
- Municipality/Metropolitan



- *Temporal Scales of Importance*

- Long-term climate
- Annual
- Seasonal
- Monthly
- Daily

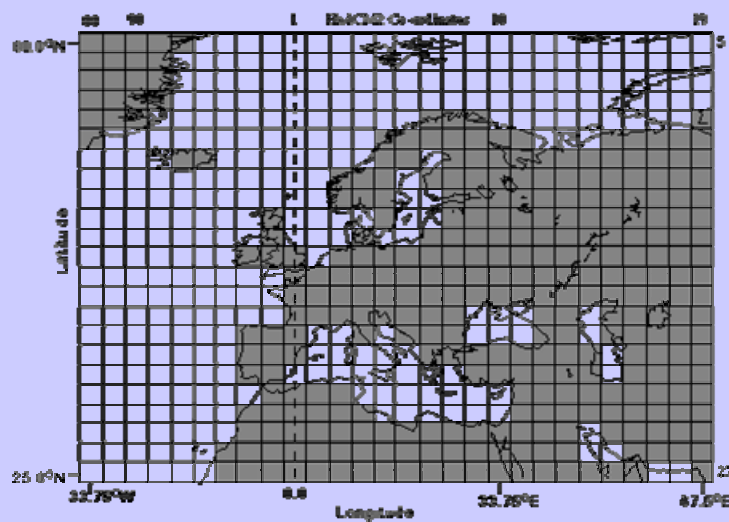
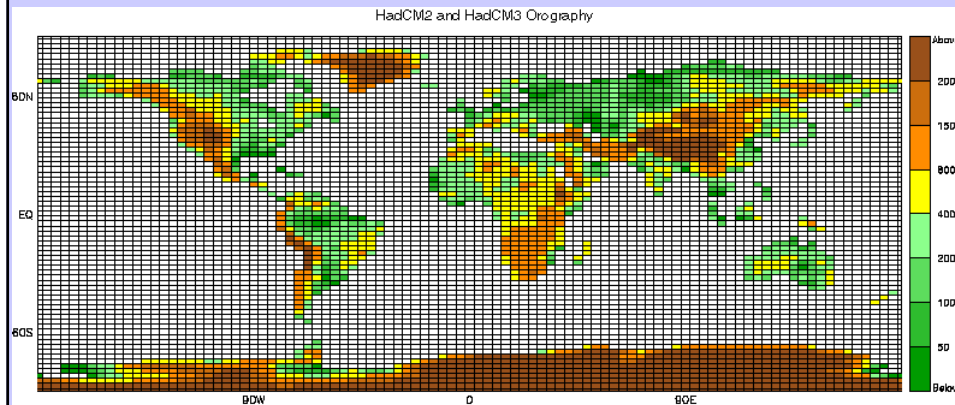


However ...

Local climate is strongly influenced by local features such as mountains, sea-land transition and surface characteristics, which are not well represented in global models because of their coarse resolution.

An example: HadCM3 model

HadCM3 model is the last Hadley centre's coupled ocean-atmosphere GCM with a horizontal resolution of 2.5×3.75 degrees and 19 vertical levels, equivalent to a spatial resolution of 278×417 km in the equator, and a 278 km $\times$ 295 km in the mid latitudes ($\sim 45^\circ$).



Land-sea HadCM3 mask for Europe

Mediterranean islands in the HadCM3 model

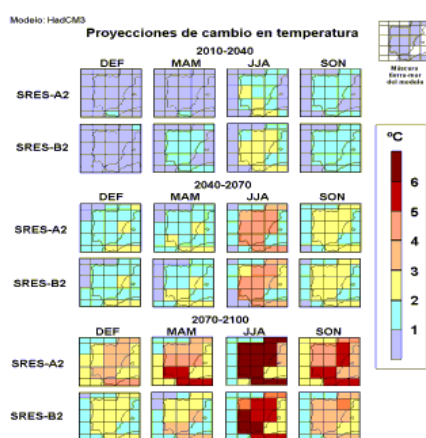
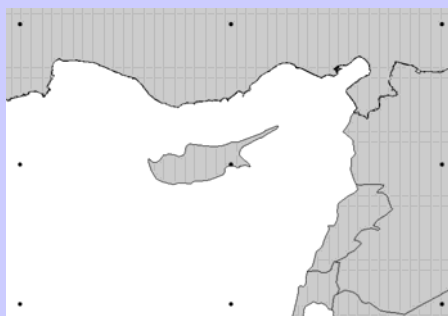


Figura 3. Proyecciones de cambio de temperatura del aire junto al suelo (a 2 m), promediadas para cada estación del año (DEF invierno, MAM primavera, JJA verano y SON otoño), correspondientes a tres periodos del siglo 21: 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, y a dos escenarios SRES de emisiones (A2 y B2). Las simulaciones se realizaron con el modelo HadCM3 y los resultados se tomaron del IPCC-DDC. En la esquina superior derecha se muestra la malla del modelo sobre la Península Ibérica, donde las cuadrículas sombreadas corresponden en el modelo a superficie continental y las blancas a océano.

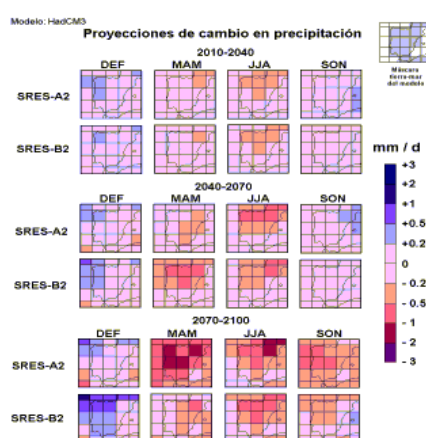


Figura 4. Proyecciones de cambio de precipitación media (en mm / día), promediadas para cada estación del año (DEF invierno, MAM primavera, JJA verano y SON otoño), correspondientes a tres periodos del siglo 21: 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, y a dos escenarios SRES de emisiones (A2 y B2). Las simulaciones se realizaron con el modelo HadCM3 y los resultados se tomaron del IPCC-DDC. En la esquina superior derecha se muestra la malla del modelo sobre la Península Ibérica, donde las cuadrículas sombreadas corresponden en el modelo a superficie continental y las blancas a océano.

NOMBRE DEL MODELO	CENTRO (PAÍS)	RESOLUCIÓN ATMOSFÉRICA	RESOLUCIÓN OCEÁNICA	ESCENARIOS SRES SIMULADOS
CCSR/NIES 2	CCSR/NIES (Japón)	5.6 × 5.6 (20)	2.8 × 2.8 (17)	A1,A1FI,A1T,A2,B1,B2
CGCM 1,2	CCC (Canadá)	3.7 × 3.7 (10)	1.8 × 1.8 (29)	A2,B2
CSIRO-Mk2	CSIRO (Australia)	5.6 × 3.2 (9)	5.6 × 3.2 (21)	A1,A2,B1,B2
ECHAM4/OPYC3	MPIM (Alemania)	2.8 × 2.8 (18)	2.8 × 2.8 (11)	A2,B2
GFDL R30 c	GFDL (EEUU)	2.25 × 3.75 (14)	1.875 × 2.25 (18)	A2,B2
HadCM3	UKMO (Reino Unido)	2.5 × 3.75 (19)	1.25 × 1.25 (20)	A1,A1FI,A2,B1,B2

Tabla 1. Características de los AOGCM, y escenarios de emisiones SRES simulados por éstos, cuyos resultados se pueden obtener del DDC-IPCC: http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/dkrz/dkrz_index.html. El tamaño horizontal de las celdillas atmosféricas y oceánicas se expresa en grados de latitud-longitud, y entre paréntesis se indica el número de niveles en la vertical.

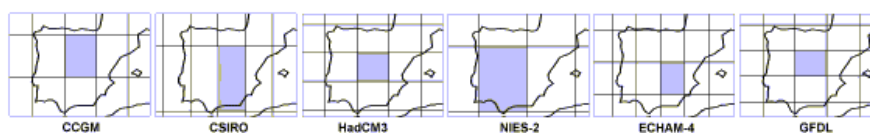


Figura 5. Ilustración de las mallas de los seis AOGCM considerados. Para realizar la comparación se han tomado los resultados simulados por cada modelo en las celdillas que incluyen el centro de la Península (sombreadas).

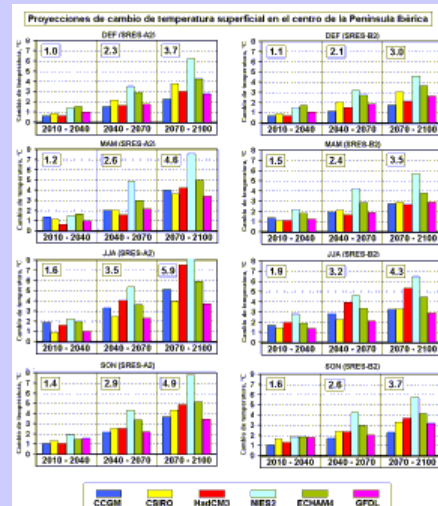


Figura 6. Cambios proyectados por seis AOGCM de la temperatura media del aire en superficie (°C) en la celdilla de cada uno que incluye la parte central de la Península (ver figura 5). Los resultados son promedios estacionales (DEF invierno, MAM primavera, JJA verano y SON otoño) y corresponden a dos escenarios de emisiones (A2 en la columna izquierda y B2 en la derecha). En cada figura se presentan los cambios en cada tercio del siglo 21 con respecto al clima actual. Se muestran recuadrados los valores promedio del conjunto de los seis modelos considerados.

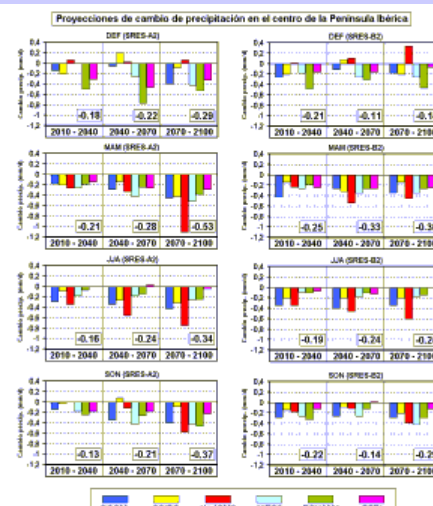
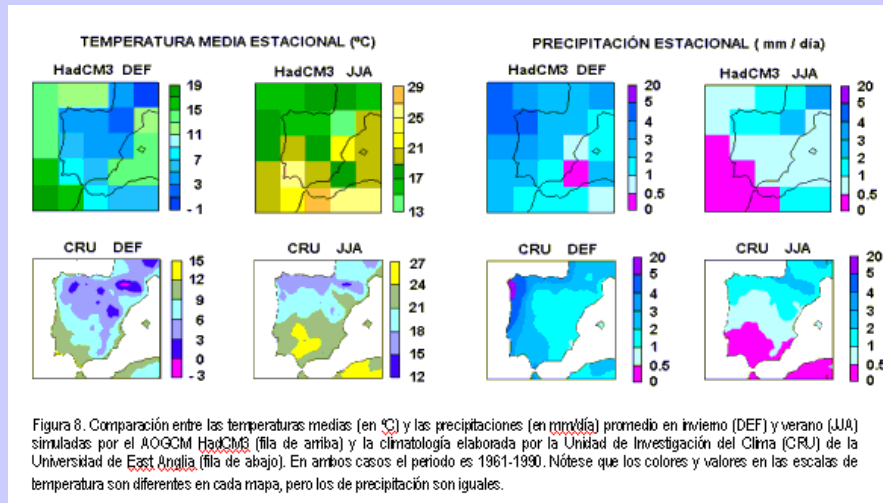


Figura 7. Cambios proyectados por seis AOGCM de la precipitación media (mm/día) en la celdilla de cada uno que incluye la parte central de la Península (ver figura 5). Los resultados son promedios estacionales (DEF invierno, MAM primavera, JJA verano y SON otoño) y corresponden a dos escenarios de emisiones (A2 en la columna izquierda y B2 en la derecha). En cada figura se presentan los cambios en cada tercio del siglo 21 con respecto al clima actual. Se muestran recuadrados los valores promedio del conjunto de los seis modelos considerados.



What is Downscaling?

- **Downscaling:**
 - **Direct** prediction of surface variables from GCMs is difficult at sub-continental scales and at high temporal resolutions
 - Downscaling tools combine various output from GCMs with observational data to **improve** spatial and temporal accuracy of climate change scenarios
- **Types:**
 - **Statistical** Downscaling
 - **Dynamical** Downscaling
 - **Hybrid** Statistical/Dynamical Downscaling

Dynamical Downscaling Assumptions/Methods

- **GCM** output at large aggregate scales is useful for providing boundary conditions for nested models. These nested, higher-resolution models are called **RCM**, and include complex physical parameterizations
- Nesting is usually one-way with no feedback from mesoscale to GCM scale
- Transient run simulations can be accomplished, but are cumbersome

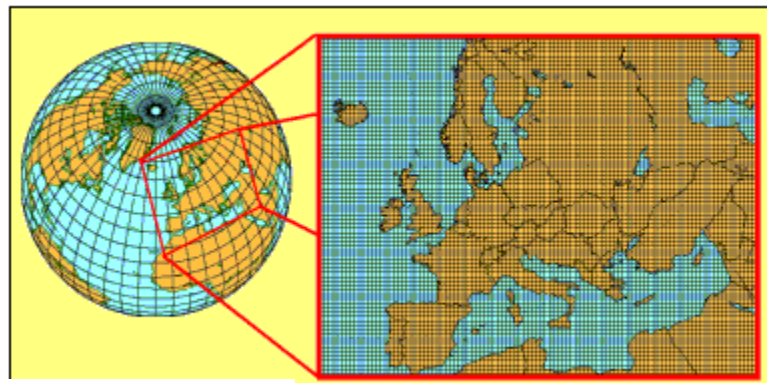
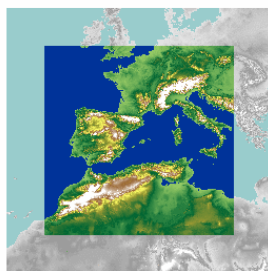


Figura 9. Ejemplo del dominio de aplicación de un RCM sobre Europa con una rejilla de 50 km. La técnica de anidamiento ("nesting") consiste en proporcionar al RCM información de la evolución de las variables atmosféricas en los puntos del contorno del dominio. Dicha información se obtiene previamente de la simulación con un AOGCM que utiliza una rejilla con resolución más baja (celdillas con mayor tamaño)

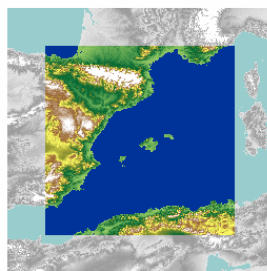
Mediterranean islands in the HadRM3 (~ 50 km) model



An example of the effects of enhancing horizontal resolution



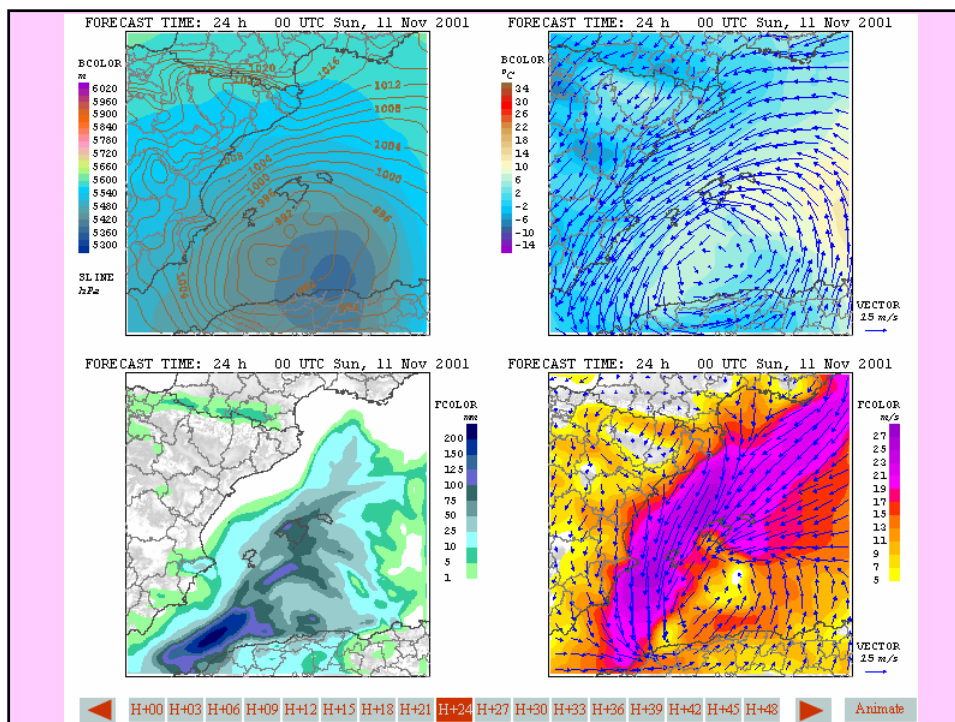
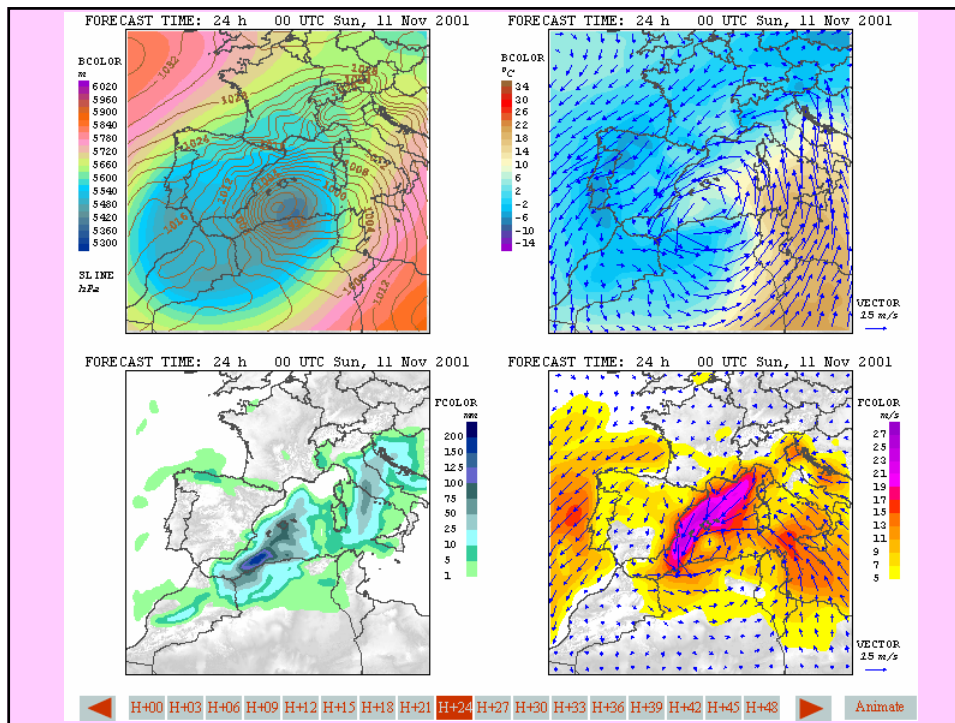
DOMAIN 1 (22.5 km resolution)

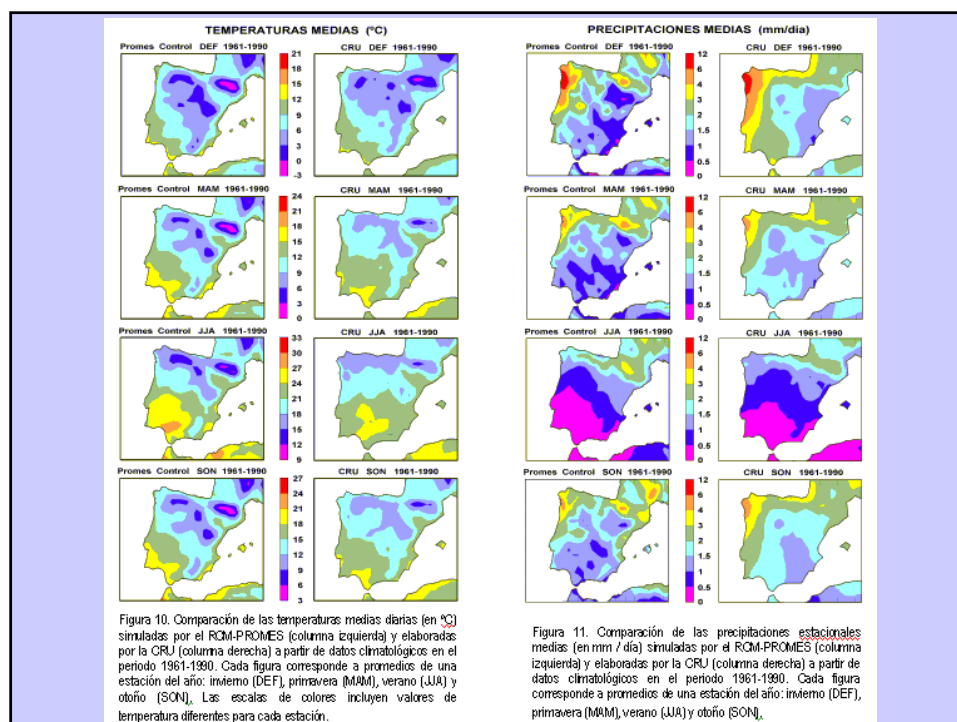
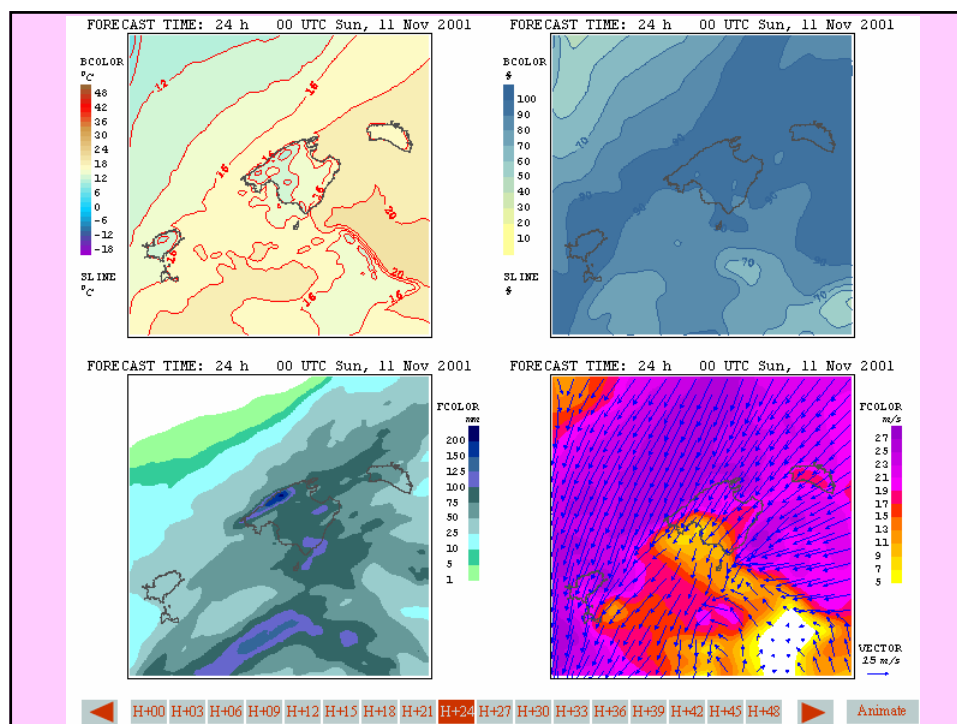


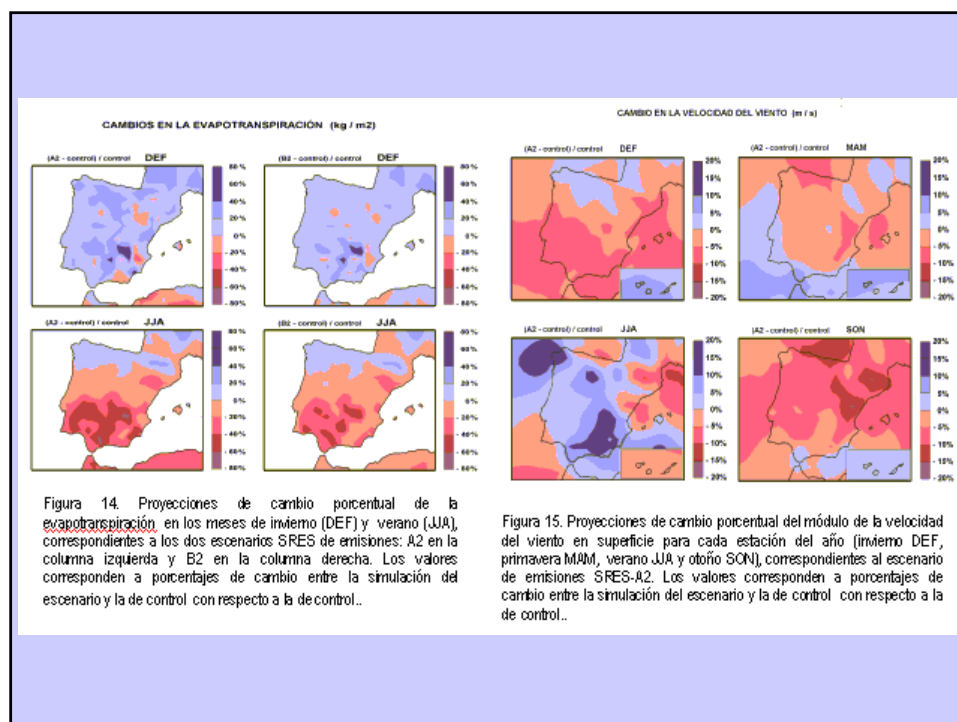
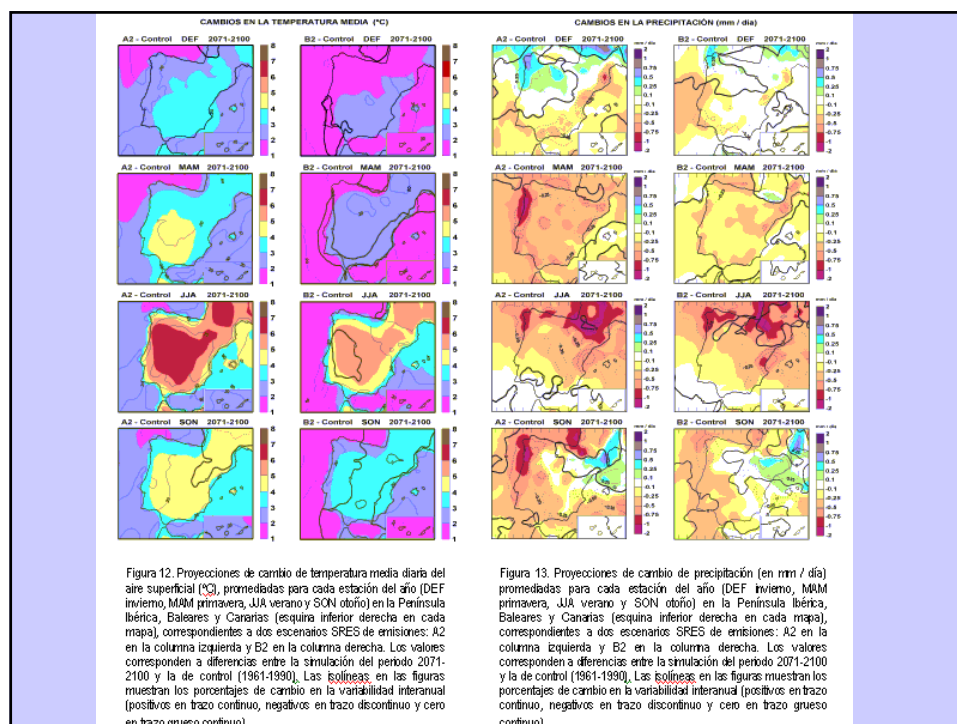
DOMAIN 2 (7.5 km resolution)



DOMAIN 3 (2.5 km resolution)







Mean values are important, but also variability and extremes

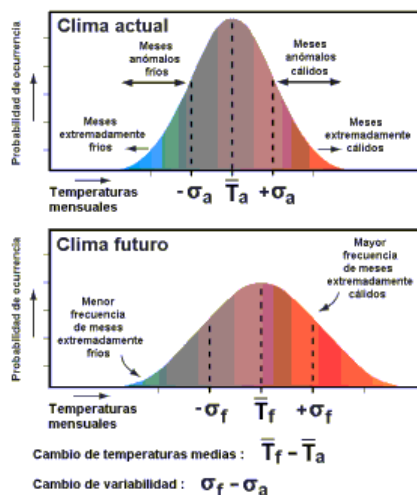


Figura 16. Ilustración esquemática de las distribuciones de frecuencia de las temperaturas mensuales en clima actual y en el clima proyectado.

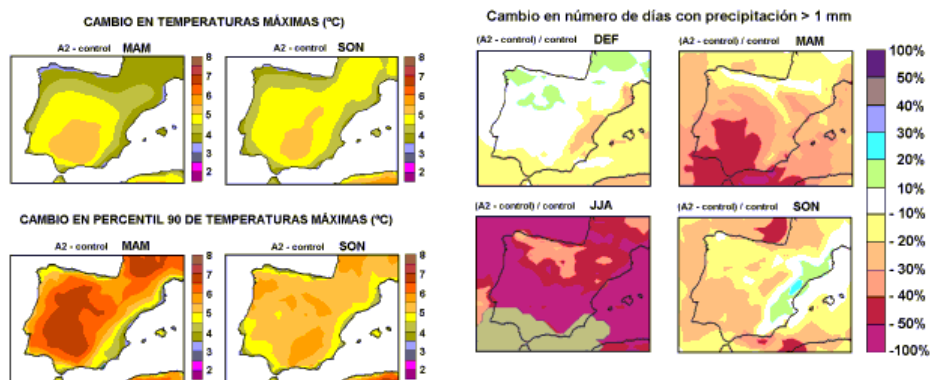


Figura 17. Diferencias de promedios estacionales de las temperaturas máximas diarias (arriba) y de los percentiles 90 (abajo) entre la simulación con escenario de emisiones A2 (2071-2100) y la de control (1961-1990) correspondientes a primavera (MAM) y otoño (SON).

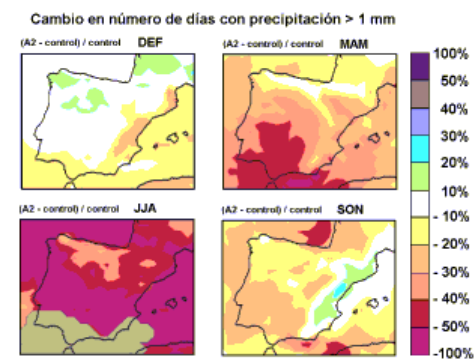
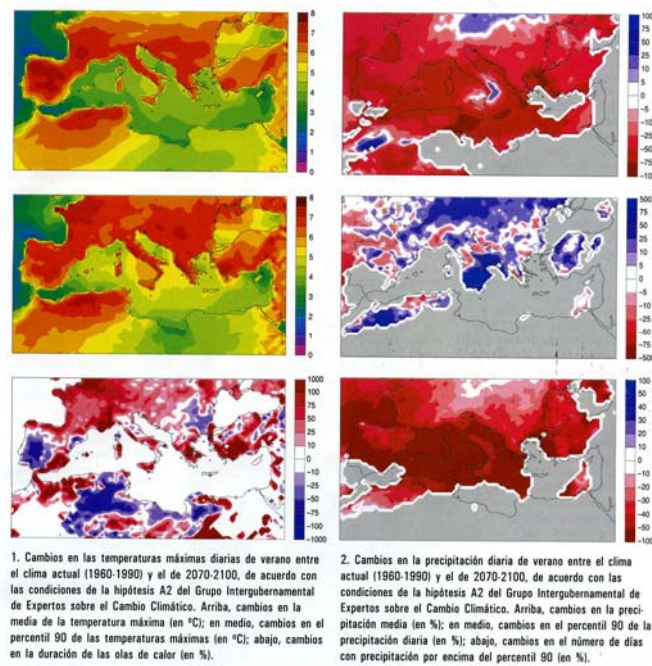


Figura 18. Cambios en el número de días con precipitación superior a 1 mm entre la simulación de escenario de emisiones A2 (2071-2100) y de control (1961-1990), expresados en porcentajes respecto al clima actual simulado, correspondientes a cada estación del año (DEF invierno, MAM primavera, JJA verano y SON otoño). El color gris en la figura de verano indica que en esas regiones la precipitación es demasiado escasa en el experimento de control.



Main conclusions based on input from 6 different AOGCMs

Certidumbre	Cambios climáticos más relevantes proyectados en España
*****	Tendencia progresiva al incremento de las temperaturas medias a lo largo del siglo
*****	La tendencia al calentamiento es más acusada en el escenario de emisiones más aceleradas (SRES-A2)
*****	Los aumentos de temperatura media son significativamente mayores en los meses de verano que en los de invierno, con valores intermedios en los demás.
****	El calentamiento en verano es superior en las zonas del interior que en las cercanas a las costas o en las islas
****	Tendencia generalizada a una menor precipitación acumulada anual en ambos escenarios de emisiones a lo largo del siglo
***	Mayor amplitud y frecuencia de anomalías térmicas mensuales en relación al clima actual
***	Más frecuencia de días con temperaturas extremas en la Península, especialmente en verano
***	La mayor reducción de precipitación en la Península se proyecta en los meses de primavera en ambos escenarios de emisiones
**	Aumento de precipitación en el oeste de la Península en invierno y en el noreste en otoño.
**	Los cambios de precipitación tienden a ser más significativos en el escenario de emisiones más aceleradas (SRES-A2)

[***** certeza muy alta, **** certeza alta, *** certeza media, ** certeza baja]

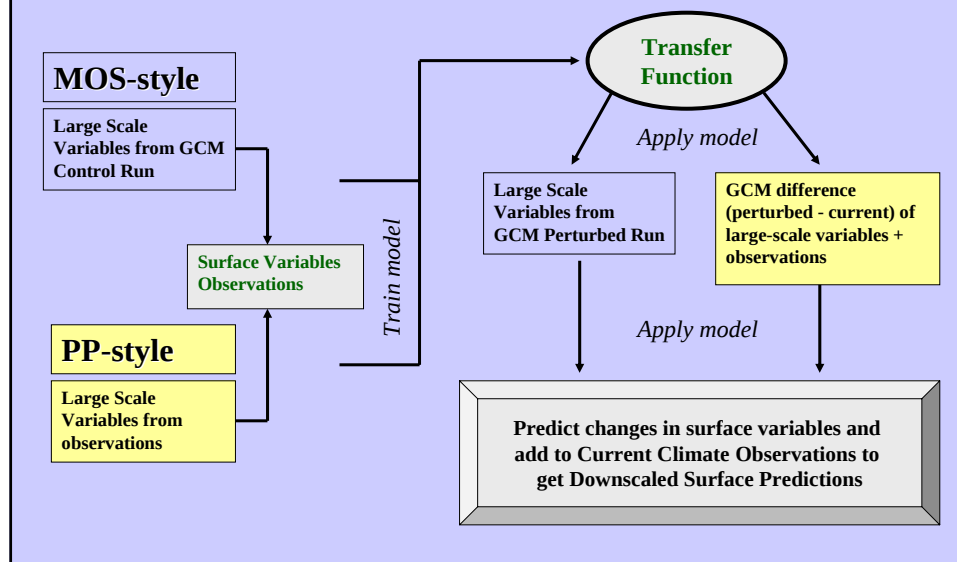
Precipitation Downscaling: A Challenge

- **Precipitation events are**
 - Discontinuous with skewed distributions
 - Spatially and temporally non-homogeneous
 - Difficult to model with traditional approaches (precipitation generation depends on many spatial and temporal scales)

Statistical Downscaling Assumptions and Observations

- Surface parameters are not well-modeled by GCMs.
- High resolution spatial and temporal scales are not well-represented by GCM grid cell output
- Large-scale parameters are well-modeled by GCMs
- Strong physical relationships exist between large-scale forcing parameters and high spatial/temporal resolution surface variables.

Statistical Downscaling Methodologies

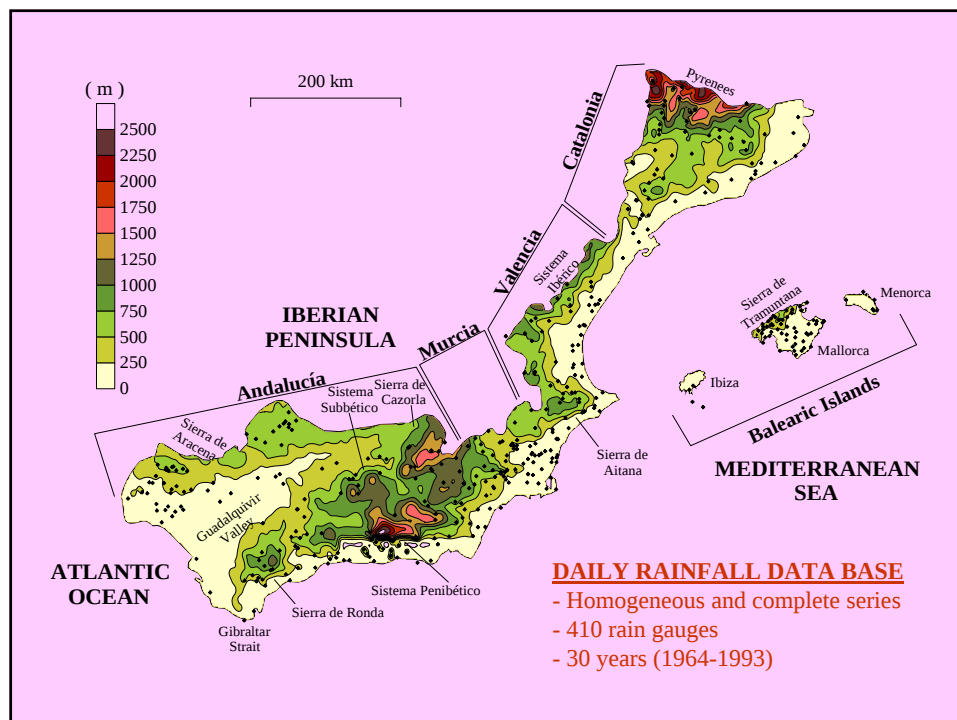


Transfer Function Options

- **Multiple Linear Regressions**
 - works well for continuous variables such as temperature
 - simple and relatively easy to interpret
- **Neural Networks**
 - capable of simulating non-linear and unknown functional relationships
 - black box in terms of interpretation
- **Classification and Regression Trees**
 - different types of weather patterns are separated
 - models are generated within weather patterns
 - good for non-continuous variables such as precipitation

ATMOSPHERIC CIRCULATION AND PRECIPITATION IN MEDITERRANEAN SPAIN

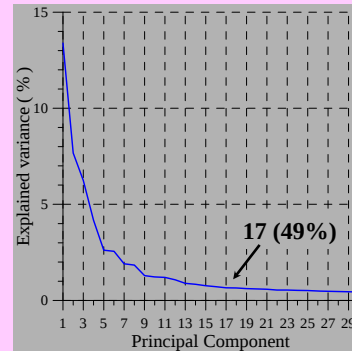
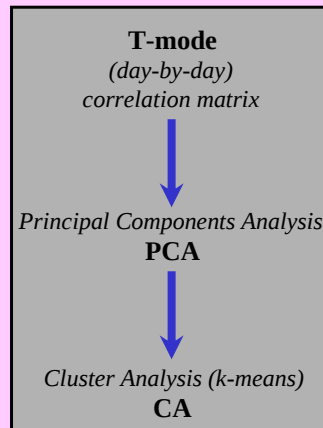
Trying to find the cause-effect statistical relationship ...



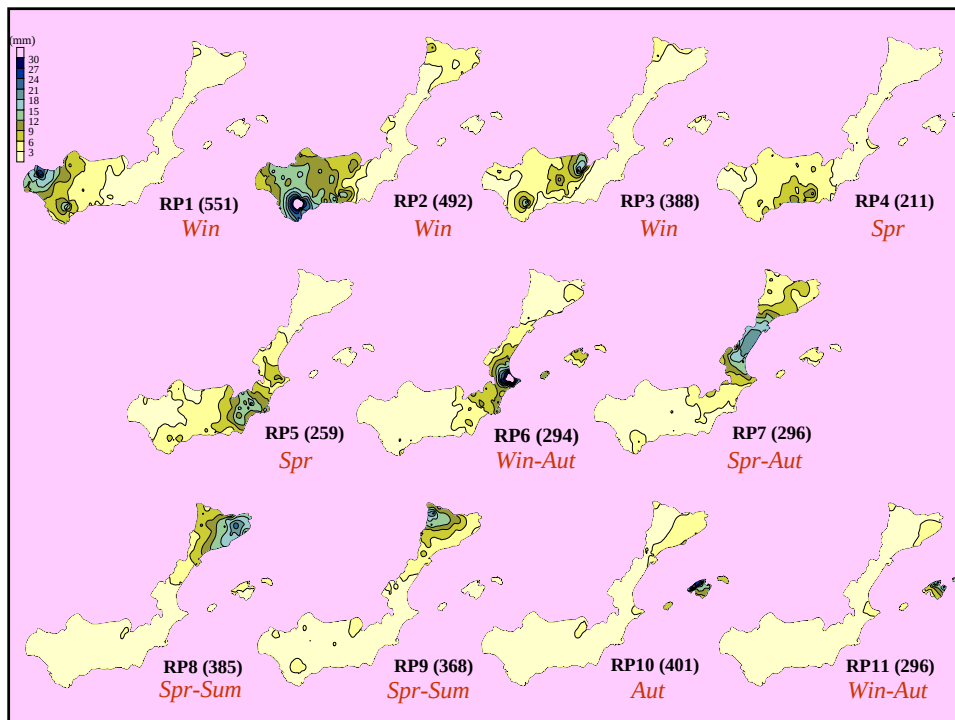
CLASSIFICATION RAINFALL PATTERNS (RPs)

Significant rainfalls $\text{--- } 5 \% - 5 \text{ mm} \text{---}$ $\rightarrow$ 3941 days (30.0% 29.6% 13.6% 26.8%)
1964-93

Win Spr Sum Aut



11 RPs

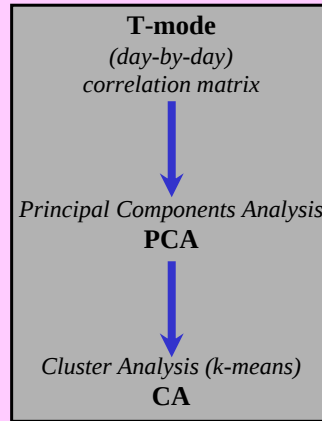
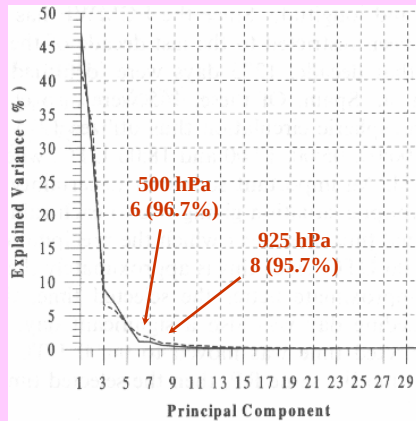


CLASSIFICATION ATMOSPHERIC PATTERNS (APs)

ECMWF analyses on significant days (1984-93) $\Rightarrow$ 1275 days

Geographical window 33.75N-45.75N 11.25W-6.00E $\Rightarrow$ 408 grid points

Classification based on geopotential height at 500 and 925 hPa

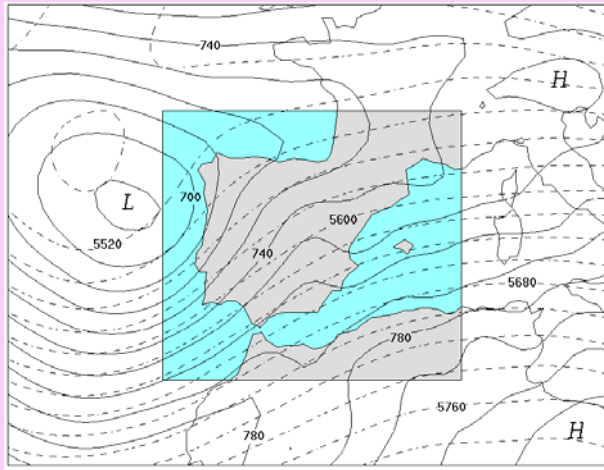


19 APs

Table II. Percentage frequency of the 11 daily RPs within the 19 APs (in bold, percentages greater than 15%) and seasonal distribution of the APs (in bold, percentages greater than 30%)

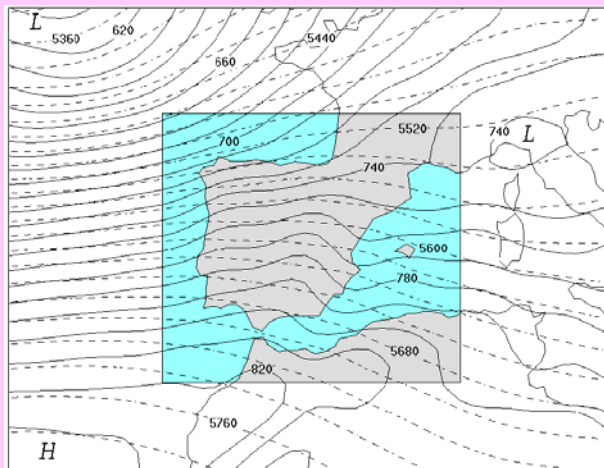
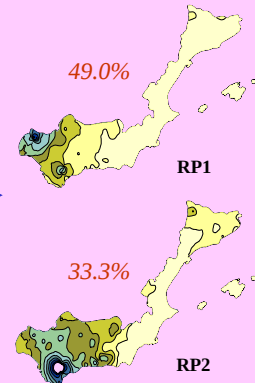
Atmospheric pattern	Number of days	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RP7	RP8	RP9	RP10	RP11	Winter	Spring	Summer	Autumn
AP1	51	49.0	33.3	0.0	2.0	0.0	0.0	5.9	5.9	2.0	0.0	1.9	43.1	17.6	5.9	33.4
AP2	71	46.5	23.9	15.5	0.0	1.4	0.0	0.0	2.8	1.4	4.2	4.3	54.9	18.3	1.4	25.4
AP3	84	35.7	36.9	0.0	1.2	4.8	1.2	8.3	8.3	2.4	0.0	1.2	20.2	19.0	6.0	54.8
AP4	105	30.5	36.2	4.8	0.0	0.0	1.0	8.6	2.9	12.4	1.9	1.7	25.7	29.5	3.8	41.0
AP5	58	22.4	25.9	0.0	12.1	15.5	5.2	8.6	0.0	6.9	1.7	1.7	25.9	36.2	0.0	37.9
AP6	78	17.9	15.4	5.1	7.7	21.8	9.0	17.9	3.8	0.0	0.0	1.4	29.5	33.3	9.0	28.2
AP7	100	13.0	9.0	25.0	4.0	3.0	2.0	2.0	14.0	25.0	2.0	1.0	22.0	35.0	8.0	35.0
AP8	76	2.6	13.2	15.8	1.3	3.9	0.0	10.5	23.7	21.1	6.6	1.3	7.9	42.1	23.7	26.3
AP9	86	2.3	8.1	41.9	3.5	0.0	1.2	2.3	16.3	4.7	10.5	9.2	45.3	29.1	9.3	16.3
AP10	28	3.6	10.7	0.0	0.0	10.7	14.3	14.3	28.6	3.6	7.1	7.1	46.4	10.7	0.0	42.9
AP11	70	1.4	1.4	4.3	2.9	4.3	11.4	11.4	30.0	20.0	7.1	5.8	5.7	30.0	41.4	22.9
AP12	23	0.0	0.0	0.0	8.7	4.3	69.6	0.0	4.3	0.0	8.7	4.4	47.8	17.4	0.0	34.8
AP13	66	1.5	3.0	0.0	3.0	28.8	40.9	12.1	4.5	1.5	4.5	0.2	53.0	19.7	3.0	24.3
AP14	56	3.6	3.6	8.9	3.6	17.9	16.1	21.4	3.6	14.3	5.4	1.6	8.9	35.7	33.9	21.5
AP15	25	4.0	8.0	0.0	16.0	20.0	4.0	24.0	0.0	8.0	8.0	8.0	16.0	32.0	12.0	40.0
AP16	73	4.1	4.1	0.0	9.6	16.4	8.2	6.8	20.5	0.0	17.8	12.5	12.3	28.8	38.4	20.5
AP17	52	0.0	3.8	0.0	5.8	9.6	36.5	0.0	1.9	0.0	19.2	23.2	30.8	23.1	15.4	30.7
AP18	86	2.3	2.3	8.1	0.0	4.7	7.0	2.3	17.4	2.3	24.4	29.2	26.7	41.9	8.1	23.3
AP19	87	0.0	1.1	1.1	4.6	1.1	5.7	1.1	10.3	1.1	37.9	36.0	34.5	40.2	4.6	20.7
Total	1275	13.7	13.6	8.5	3.8	7.8	9.1	7.5	10.9	7.5	9.1	8.3	28.2	29.9	12.1	29.8

CLEAR
ASSOCIATION



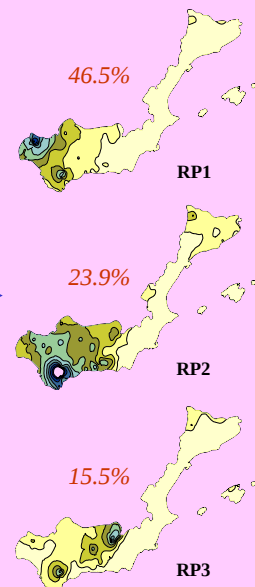
AP1

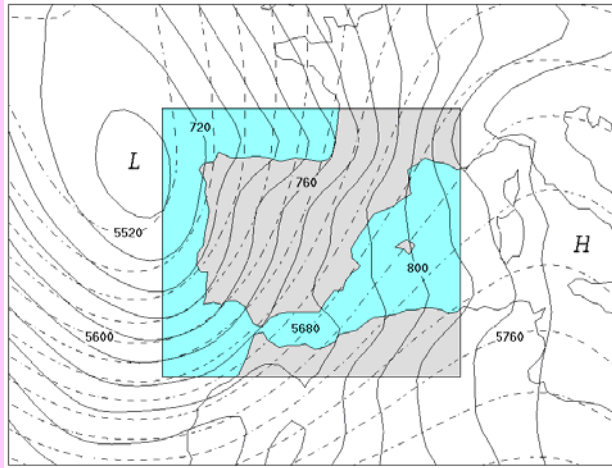
Win 43.1% - Aut 33.4%
Heavy 15.7%



AP2

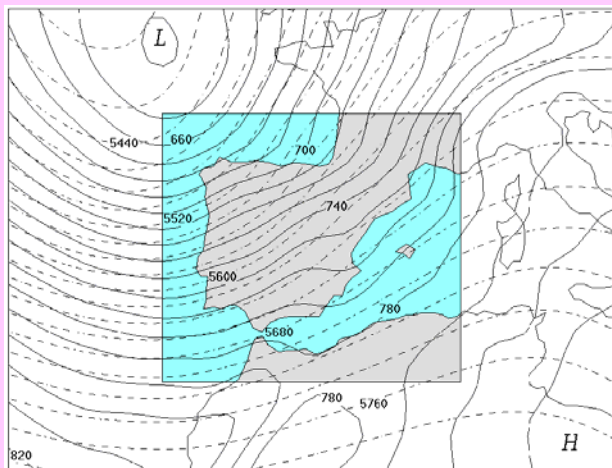
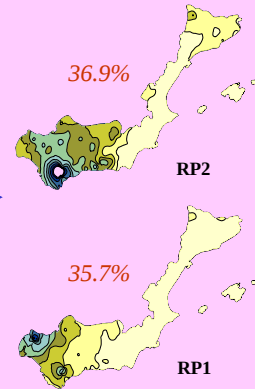
Win 54.9%
Heavy 11.3%





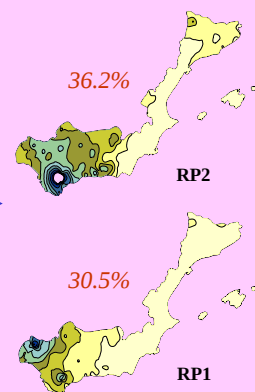
AP3

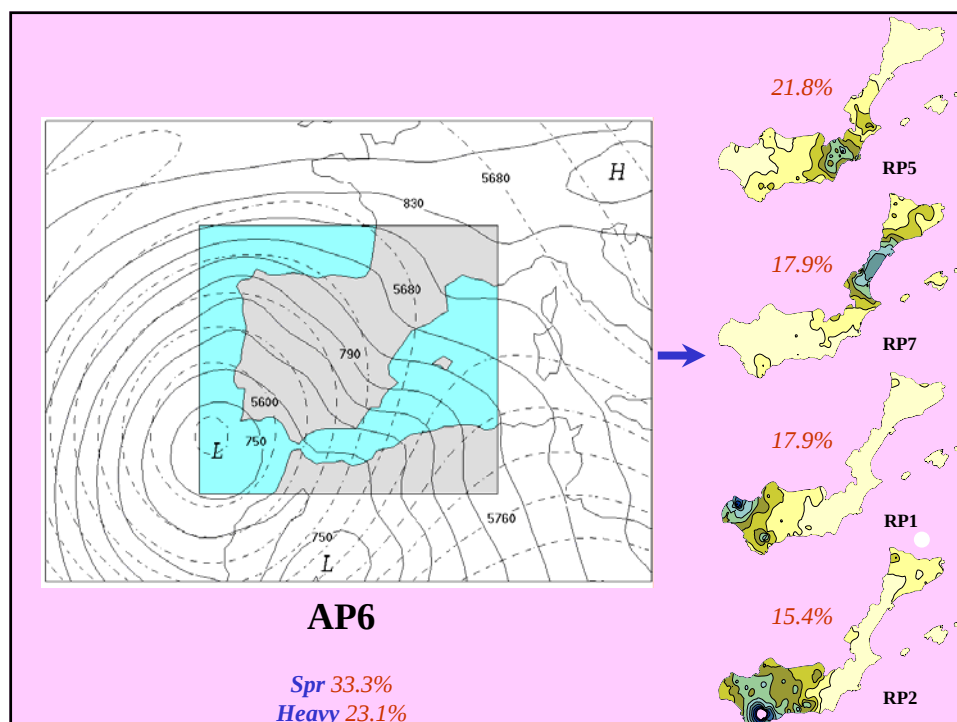
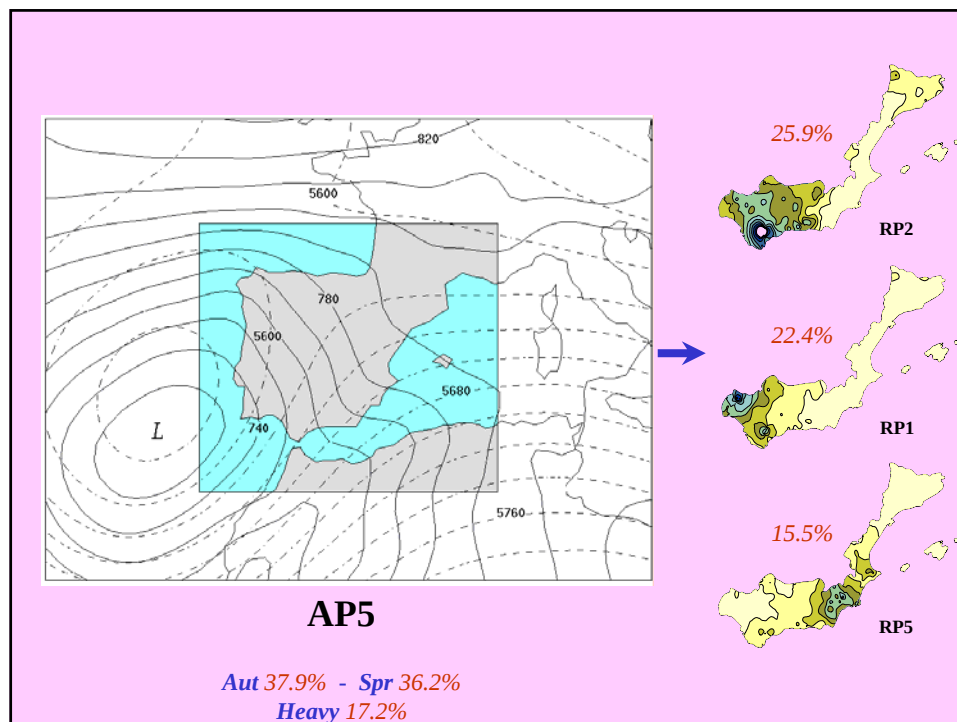
Aut 54.8%
Heavy 25.0%

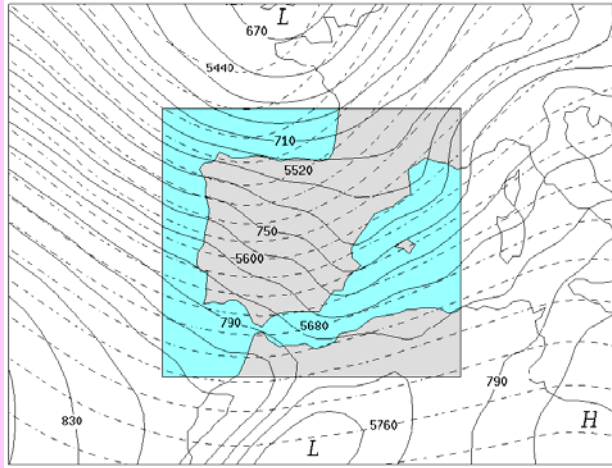


AP4

Aut 41.0%
Heavy 15.2%

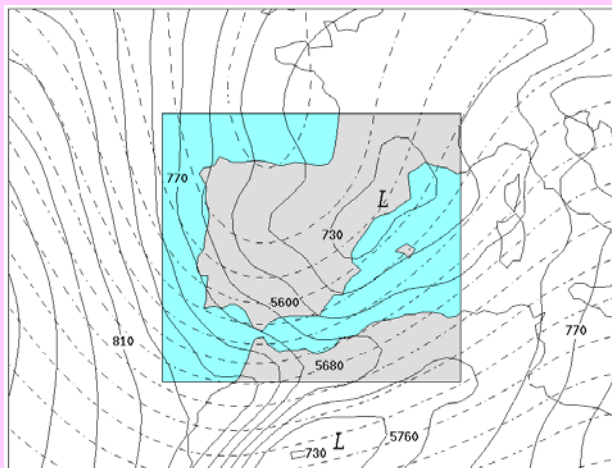
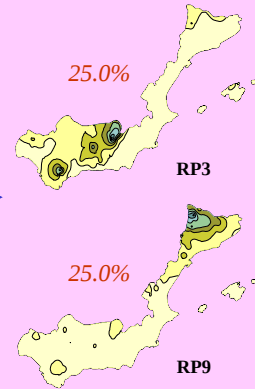






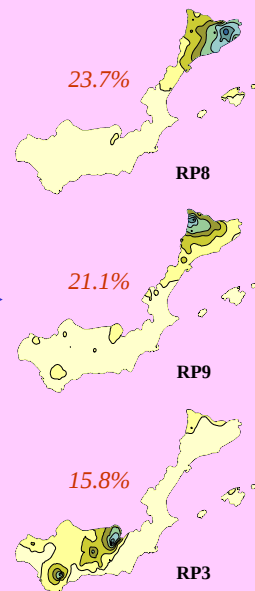
AP7

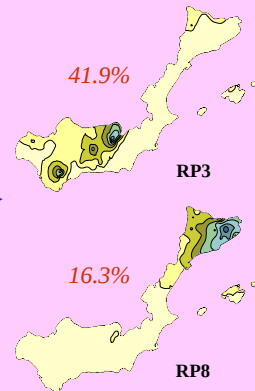
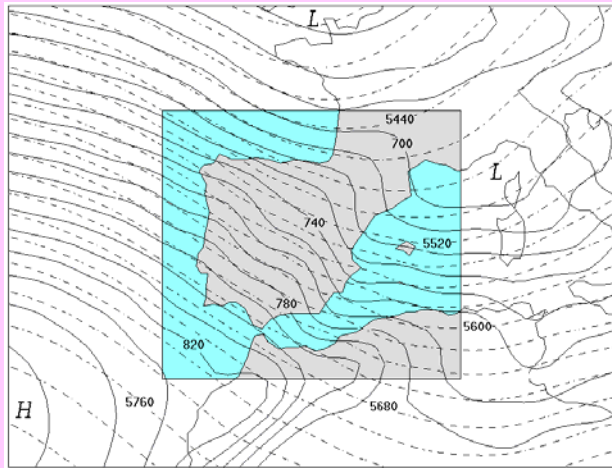
Spr 35.0% - *Aut* 35.0%
Heavy 2.0%



AP8

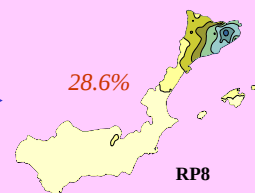
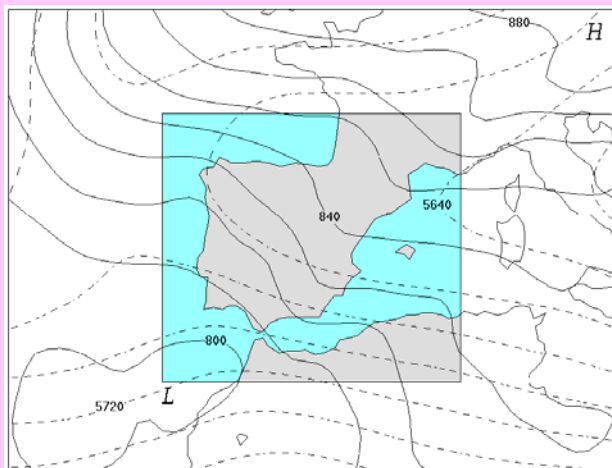
Spr 42.1%
Heavy 7.9%





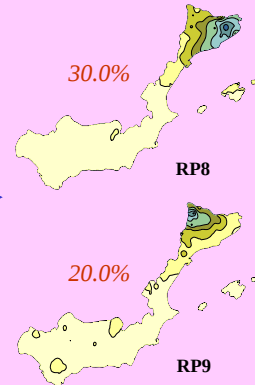
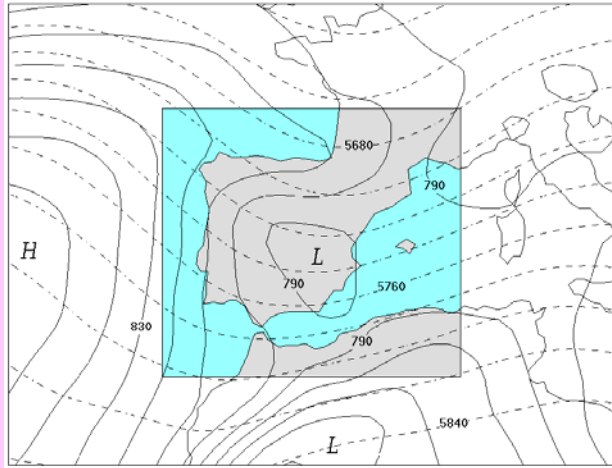
AP9

Win 45.3%
Heavy 3.5%



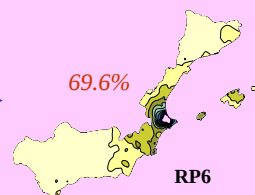
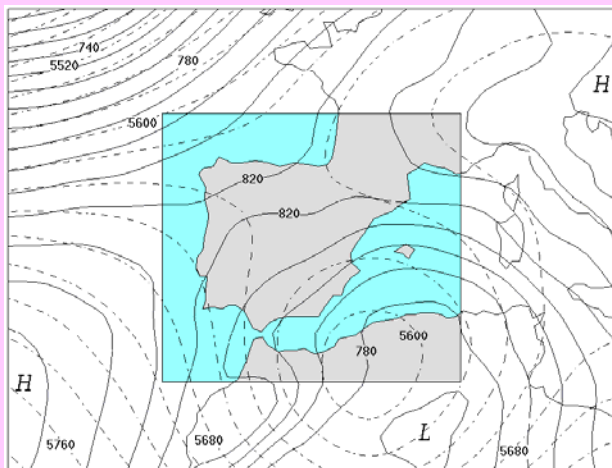
AP10

Win 46.4% - *Aut* 42.9%
Heavy 10.7%



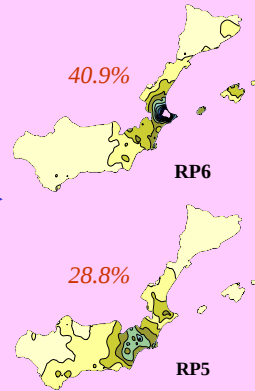
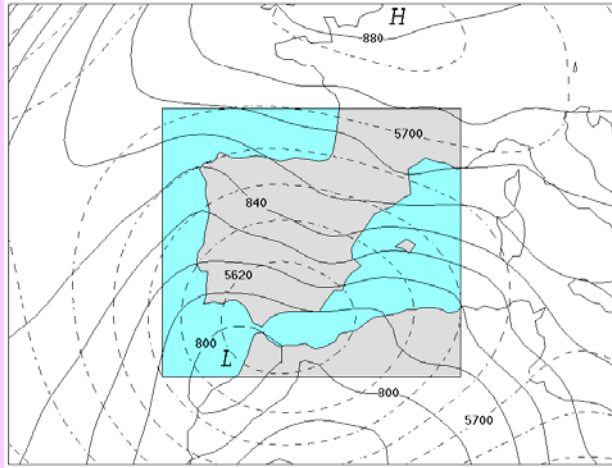
AP11

Sum 41.4% - Spr 30.0%
Heavy 0.0%



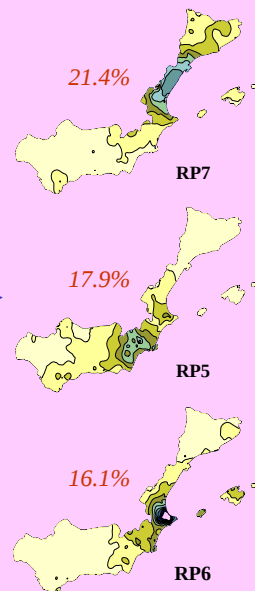
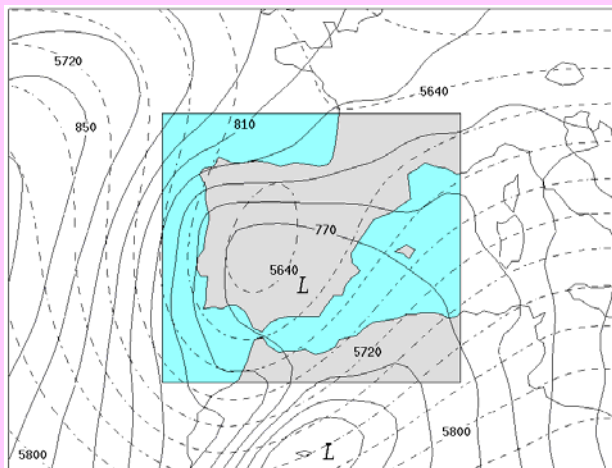
AP12

Win 47.8% - Aut 34.8%
Heavy 21.7%



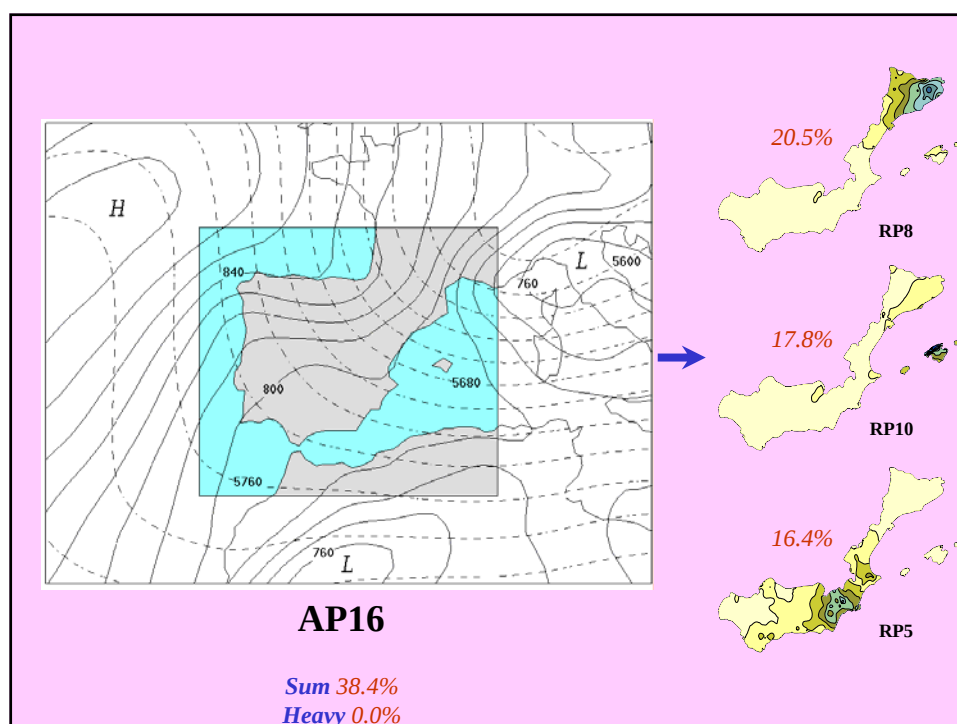
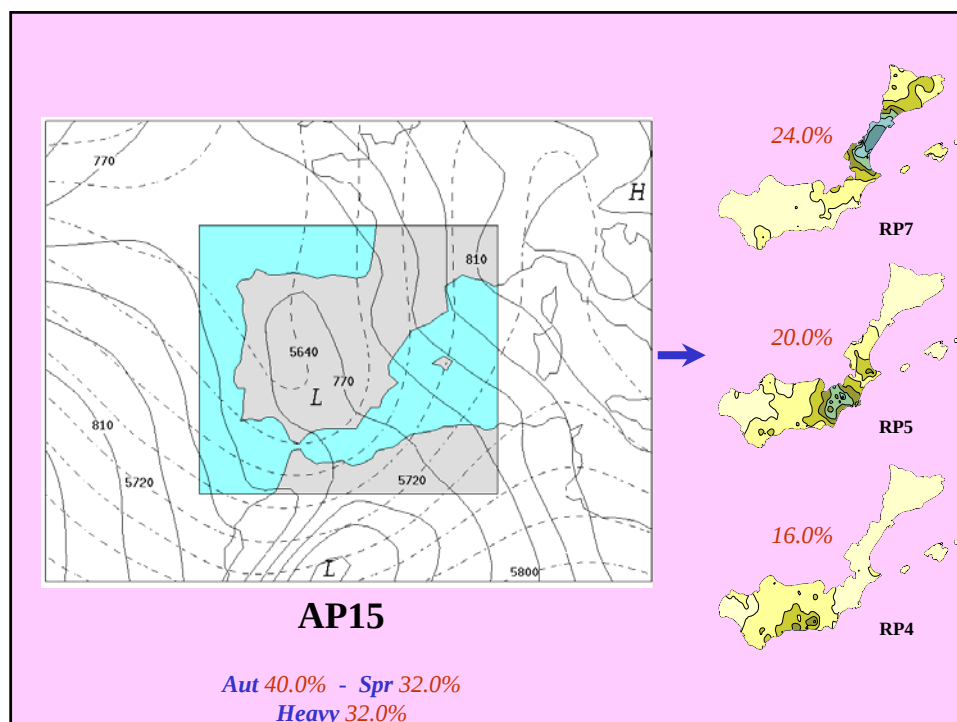
AP13

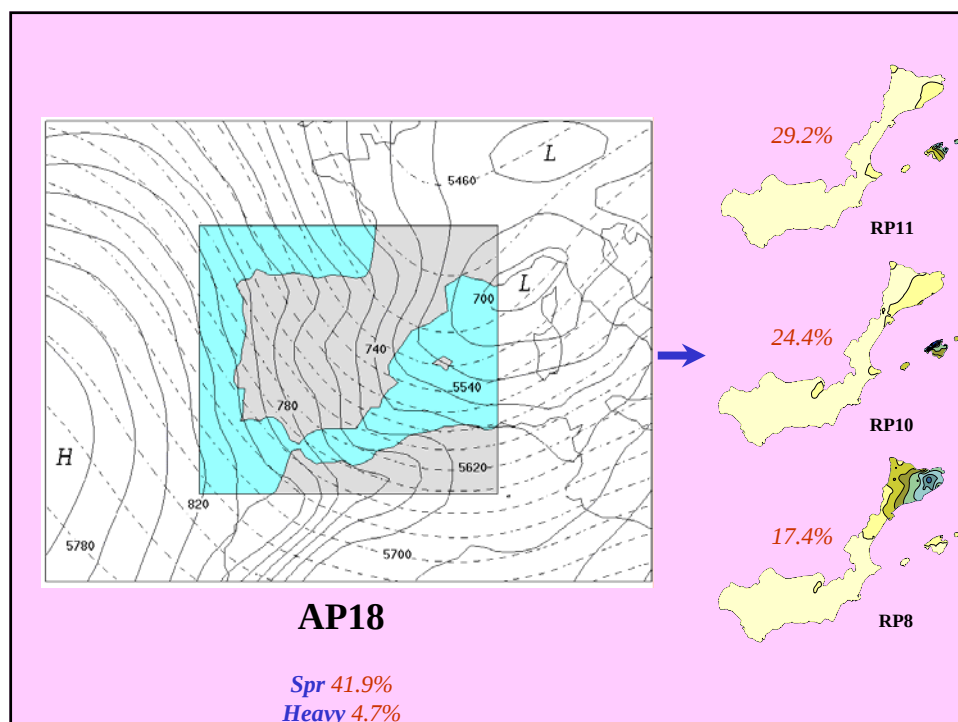
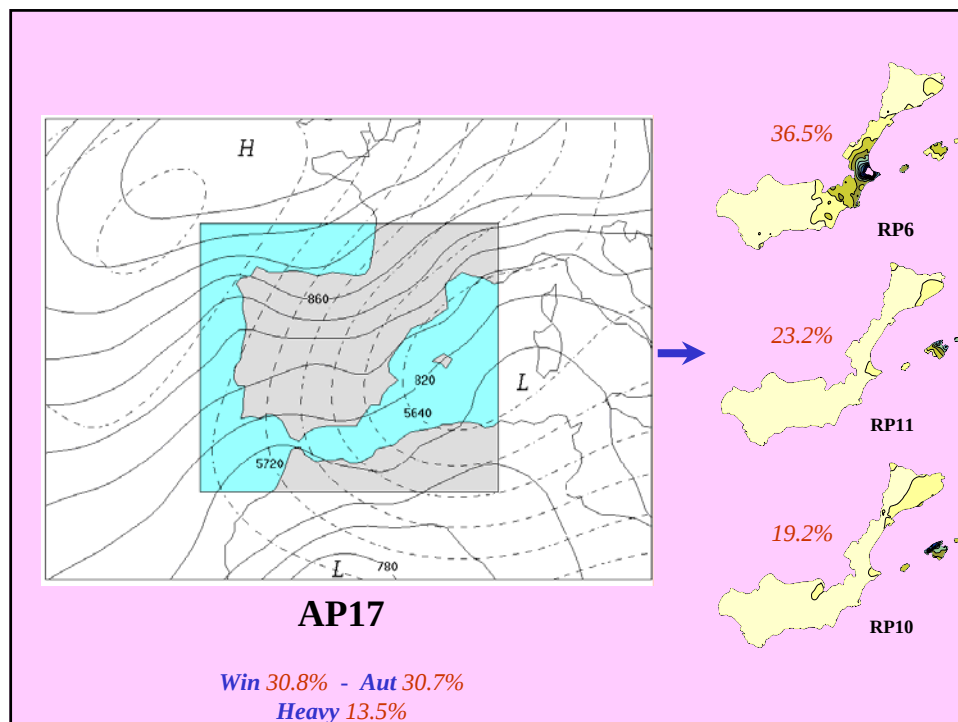
Win 53.0%
Heavy 37.9%

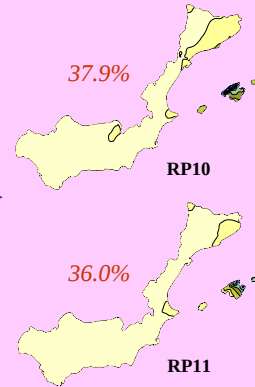
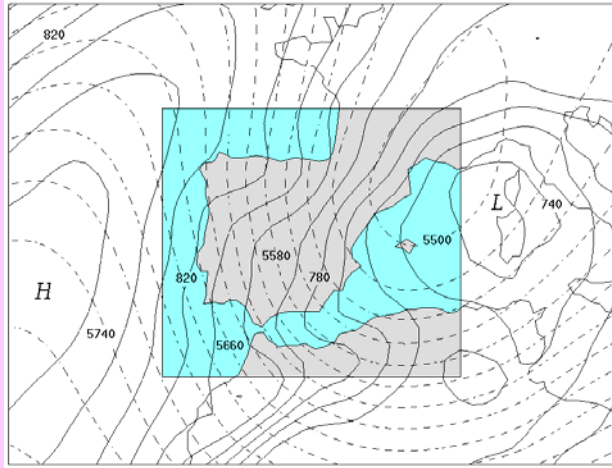


AP14

Spr 35.7% - *Sum* 33.9%
Heavy 19.6%







AP19

Spr 40.2% - *Win* 34.5%
Heavy 11.5%

STATISTICAL DOWNSCALING OF RAINFALL IN MEDITERRANEAN SPAIN BY THE LATE 21st CENTURY

Combining an AOGCM with the previous cause-effect links

“DOWNSCALING” EN BASE A LOS RESULTADOS PREVIOS

Simulación del clima futuro con un GCM

Modelo ECHAM-OPYC3 aplicado a 1860-2099

- Modelo T42 ECHAM4: 19 niveles verticales / 2.8° de resolución horizontal
- Modelo OPYC3: 11 niveles verticales / mayor resolución en los trópicos
- 1860-1990: Concentraciones históricas de los gases de E.I.
- Tras 1990: Escenario A (IPCC)

MÉTODO DE
DOWNSCALING

Cambios en la precipitación de la zona mediterránea
a finales del presente siglo ?

ESTRATEGIA

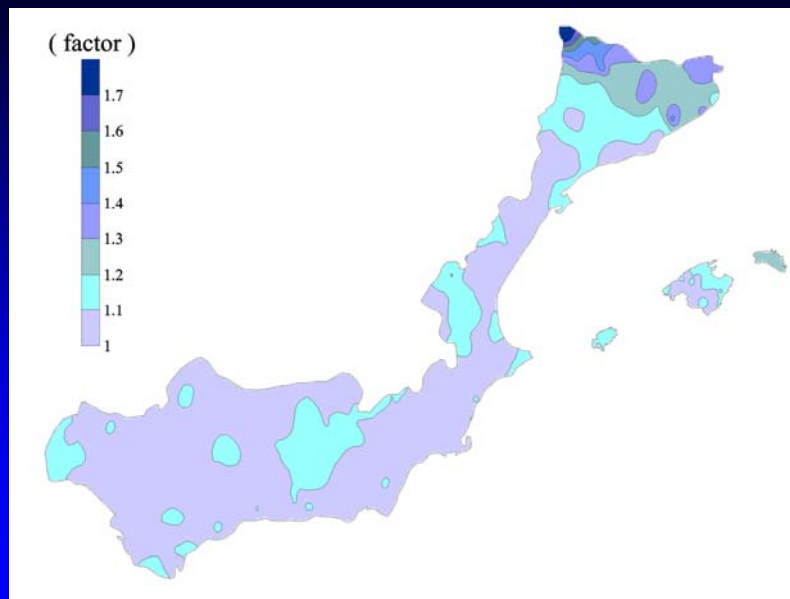
Table II. Percentage frequency of the 11 daily RPs within the 19 APs (in bold, percentages greater than 15%) and seasonal distribution of the APs (in bold, percentages greater than 30%)

Atmospheric pattern	Number of days	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RP7	RP8	RP9	RP10	RP11	Winter	Spring	Summer	Autumn
AP1	ECHANNOFUTURO	49.0	33.3	0.0	2.0	0.0	0.0	5.9	5.9	2.0	0.0	1.9	43.1	17.6	5.9	33.4
AP2		46.5	23.9	15.5	0.0	1.4	0.0	0.0	2.8	1.4	4.2	4.3	54.9	18.3	1.4	25.4
AP3		35.7	36.9	0.0	1.2	4.8	1.2	8.3	8.3	2.4	0.0	1.2	20.2	19.0	6.0	54.8
AP4		30.5	36.2	4.8	0.0	0.0	1.0	8.6	2.9	12.4	1.9	1.7	25.7	29.5	3.8	41.0
AP5		22.4	25.9	0.0	12.1	15.5	5.2	8.6	0.0	6.9	1.7	1.7	25.9	36.2	0.0	37.9
AP6		17.9	15.4	5.1	7.7	21.8	9.0	17.9	3.8	0.0	0.0	1.4	29.5	33.3	9.0	28.2
AP7		13.0	9.0	25.0	4.0	3.0	2.0	2.0	14.0	25.0	2.0	1.0	22.0	35.0	8.0	35.0
AP8		2.6	13.2	15.8	1.3	3.9	0.0	10.5	23.7	21.1	6.6	1.3	7.9	42.1	23.7	26.3
AP9		2.3	8.1	41.9	3.5	0.0	1.2	2.3	16.3	4.7	10.5	9.2	45.3	29.1	9.3	16.3
AP10		3.6	10.7	0.0	0.0	10.7	14.3	14.3	28.6	3.6	7.1	7.1	46.4	10.7	0.0	42.9
AP11		1.4	1.4	4.3	2.9	4.3	11.4	11.4	30.0	20.0	7.1	5.8	5.7	30.0	41.4	22.9
AP12		0.0	0.0	0.0	8.7	4.3	69.6	0.0	4.3	0.0	8.7	4.4	47.8	17.4	0.0	34.8
AP13		1.5	3.0	0.0	3.0	28.8	40.9	12.1	4.5	1.5	4.5	0.2	53.0	19.7	3.0	24.3
AP14		3.6	3.6	8.9	3.6	17.9	16.1	21.4	3.6	14.3	5.4	1.6	8.9	35.7	33.9	21.5
AP15		4.0	8.0	0.0	16.0	20.0	4.0	24.0	0.0	8.0	8.0	8.0	16.0	32.0	12.0	40.0
AP16		4.1	4.1	0.0	9.6	16.4	8.2	6.8	20.5	0.0	17.8	12.5	12.3	28.8	38.4	20.5
AP17		0.0	3.8	0.0	5.8	9.6	36.5	0.0	1.9	0.0	19.2	23.2	30.8	23.1	15.4	30.7
AP18		2.3	2.3	8.1	0.0	4.7	7.0	2.3	17.4	2.3	24.4	29.2	26.7	41.9	8.1	23.3
AP19		0.0	1.1	1.1	4.6	1.1	5.7	1.1	10.3	1.1	37.9	36.0	34.5	40.2	4.6	20.7
Total		13.7	13.6	8.5	3.8	7.8	9.1	7.5	10.9	7.5	9.1	8.3	28.2	29.9	12.1	29.8

2080 – 2099
11 décadas
móviles

- 1) Mismas relaciones entre APs y RPs
- 2) Similar magnitud de la precipitation para cada RP
- 3) Mismo factor $\phi_i = R_i/S_i$ para la obtención de totales

PRECIPITACIÓN FUTURA



ESTRATEGIA (continuación)

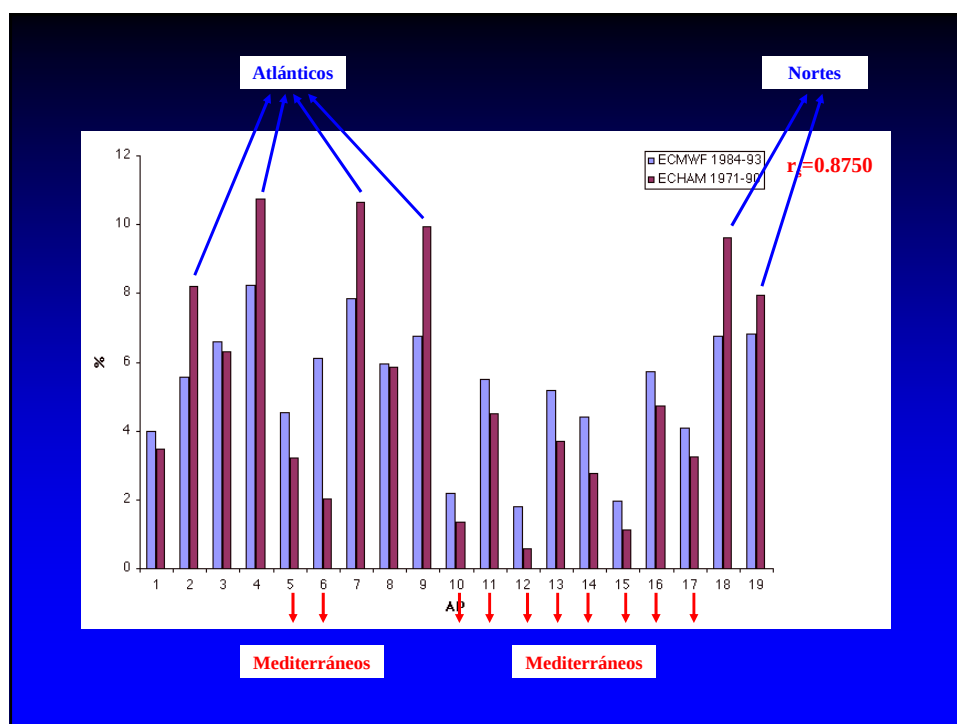
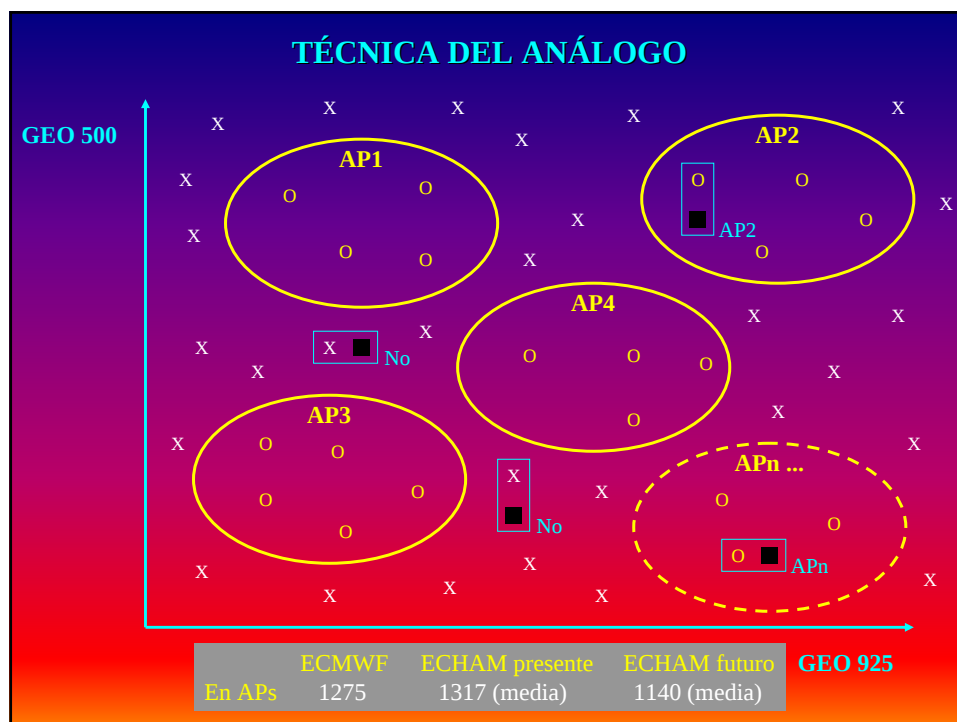
Table II. Percentage frequency of the 11 daily RPs within the 19 APs (in bold, percentages greater than 15%) and seasonal distribution of the APs (in bold, percentages greater than 30%)

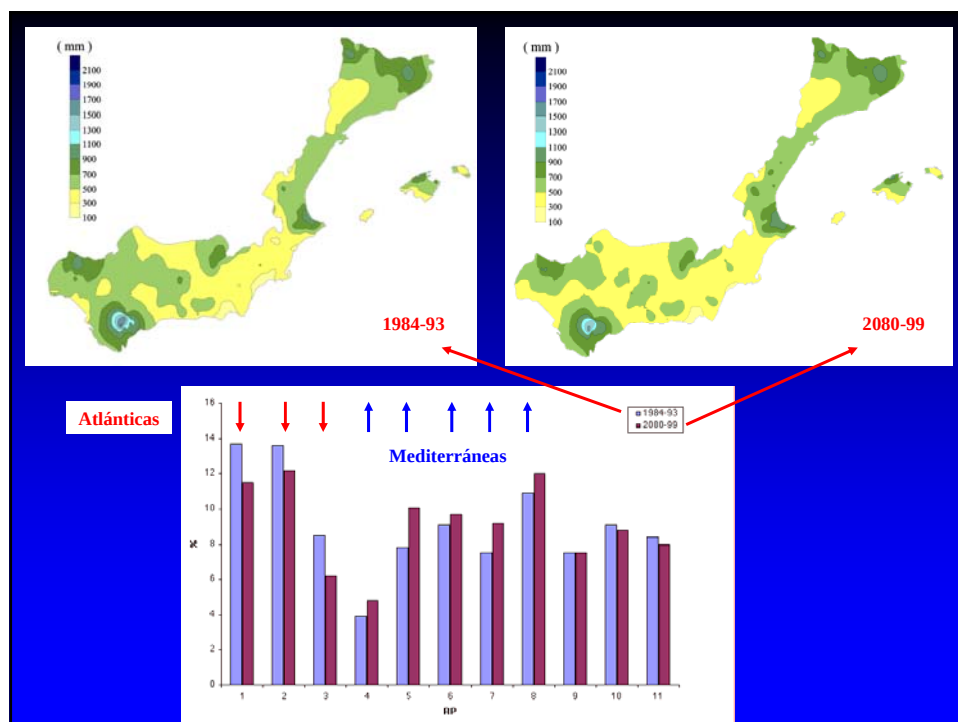
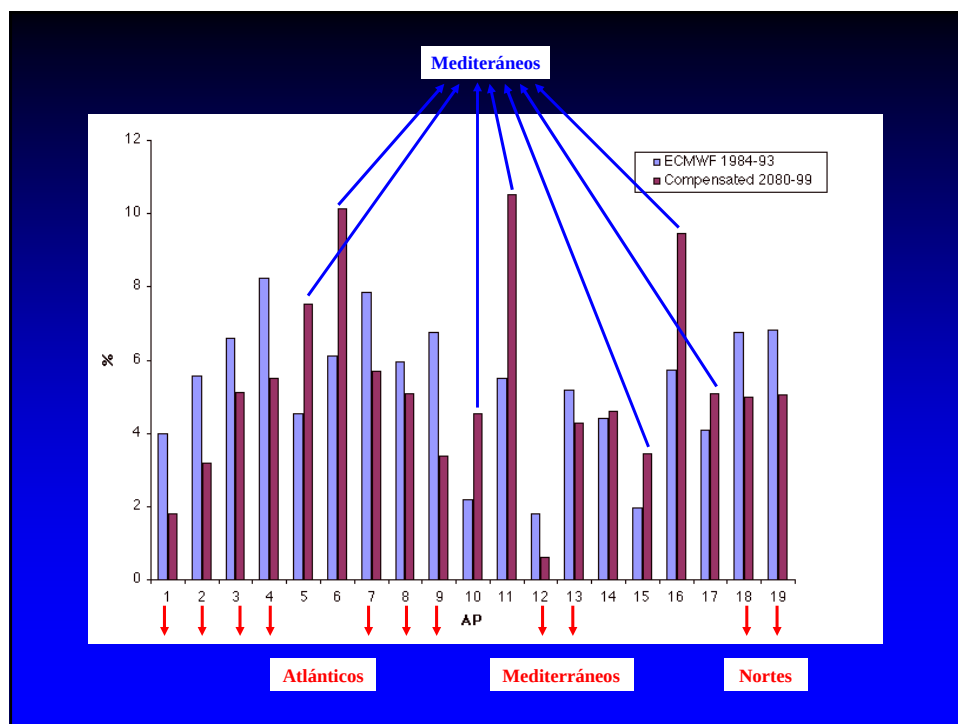
precipitation greater than 2.0mm																
Atmospheric pattern	Number of days	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RP7	RPO	RP9	RP10	RP11	Winter	Spring	Summer	Autumn
API1	E C H A M P R E S S E N T	49.0	33.3	0.0	2.0	0.0	0.0	5.9	5.9	2.0	0.0	1.9	43.1	17.6	5.9	33.4
API2		46.5	23.9	15.5	0.0	1.4	0.0	0.0	2.8	1.4	4.2	4.3	54.9	18.3	1.4	25.4
API3		35.7	36.9	0.0	1.2	4.8	1.2	8.3	8.3	2.4	0.0	1.2	20.2	19.0	6.0	54.8
API4		30.5	36.2	4.8	0.0	0.0	1.0	8.6	2.9	12.4	1.9	1.7	25.7	29.5	3.8	41.0
API5		22.4	25.9	0.0	12.1	15.5	5.2	8.6	0.0	6.9	1.7	1.7	25.9	36.2	0.0	37.9
API6		17.9	15.4	5.1	7.7	21.8	9.0	17.9	3.8	0.0	0.0	1.4	29.5	33.3	9.0	25.2
API7		13.0	9.0	25.0	4.0	3.0	2.0	2.0	14.0	25.0	2.0	1.0	22.0	35.0	8.0	35.0
API8		2.6	13.2	15.8	1.3	3.9	0.0	10.5	23.7	21.1	6.6	1.3	7.9	42.1	23.7	26.3
API9		2.3	8.1	41.9	3.5	0.0	1.2	2.3	16.3	4.7	10.5	9.2	45.3	29.1	9.3	16.3
API10		3.6	10.7	0.0	0.0	10.7	14.3	14.3	28.6	3.6	7.1	7.1	46.4	10.7	0.0	42.9
API11		1.4	1.4	4.3	2.9	4.3	11.4	11.4	30.0	20.0	7.1	5.8	5.7	30.0	41.4	22.9
API12		0.0	0.0	0.0	8.7	4.3	69.6	0.0	4.3	0.0	8.7	4.4	47.8	17.4	0.0	34.8
API13		1.5	3.0	0.0	3.0	28.8	40.9	12.1	4.5	1.5	4.5	0.2	53.0	19.7	3.0	24.3
API14		3.6	3.6	8.9	3.6	17.9	16.1	21.4	3.6	14.3	5.4	1.6	8.9	35.7	33.9	21.5
API15		4.0	8.0	0.0	16.0	20.0	4.0	24.0	0.0	8.0	8.0	8.0	16.0	32.0	12.0	40.0
API16		4.1	4.1	0.0	9.6	16.4	8.2	6.8	20.5	0.0	17.8	12.5	12.3	28.8	38.4	20.5
API17		0.0	3.8	0.0	5.8	9.6	36.5	0.0	1.9	0.0	19.2	23.2	30.8	23.1	15.4	30.7
API18		2.3	2.3	8.1	0.0	4.7	7.0	2.3	17.4	2.3	24.4	29.2	26.7	41.9	8.1	23.3
API19		0.0	1.1	1.1	4.6	1.1	5.7	1.1	10.3	1.1	37.9	36.0	34.5	40.2	4.6	20.7
Total		13.7	13.6	8.5	3.8	7.8	9.1	7.5	10.9	7.5	9.1	8.3	28.2	29.9	12.1	29.8

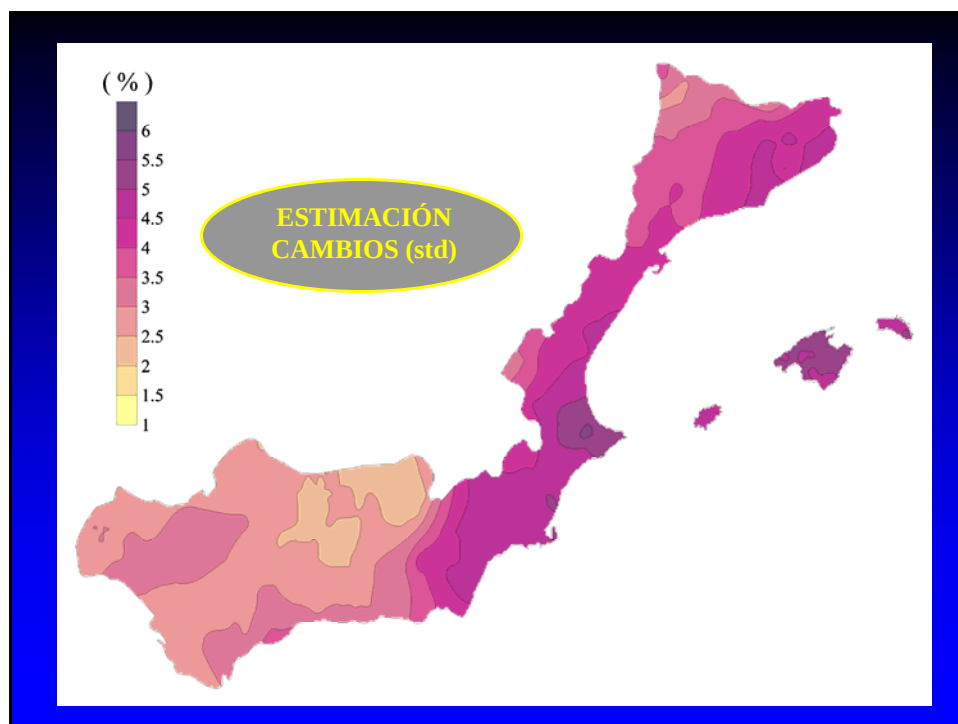
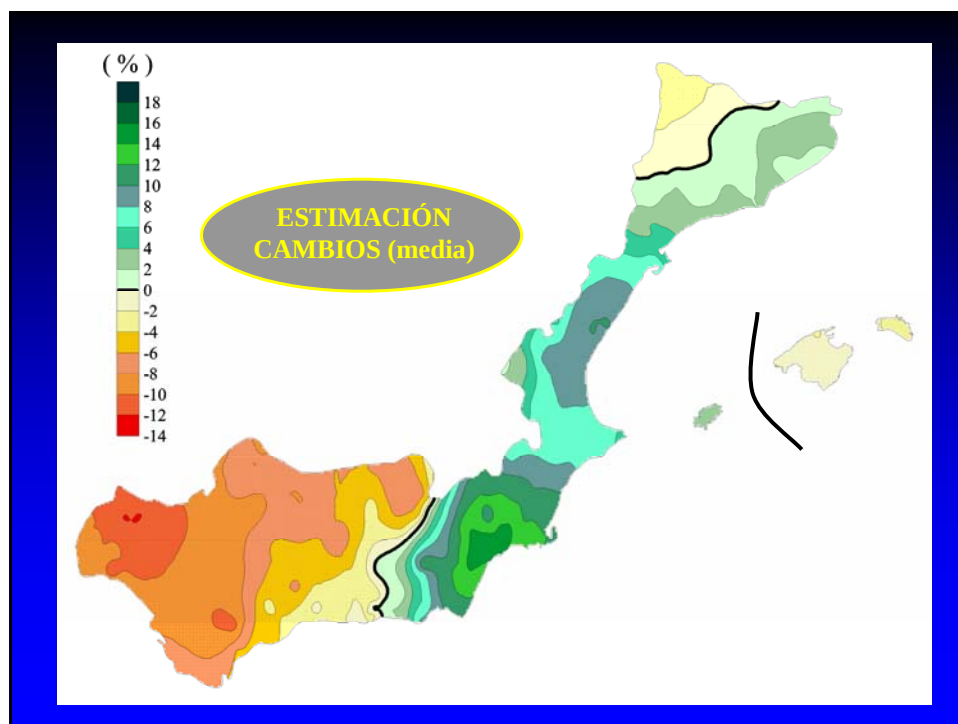
1971 – 1990
11 décadas
móviles

VALIDACIÓN / CALIBRACIÓN DEL MODELO

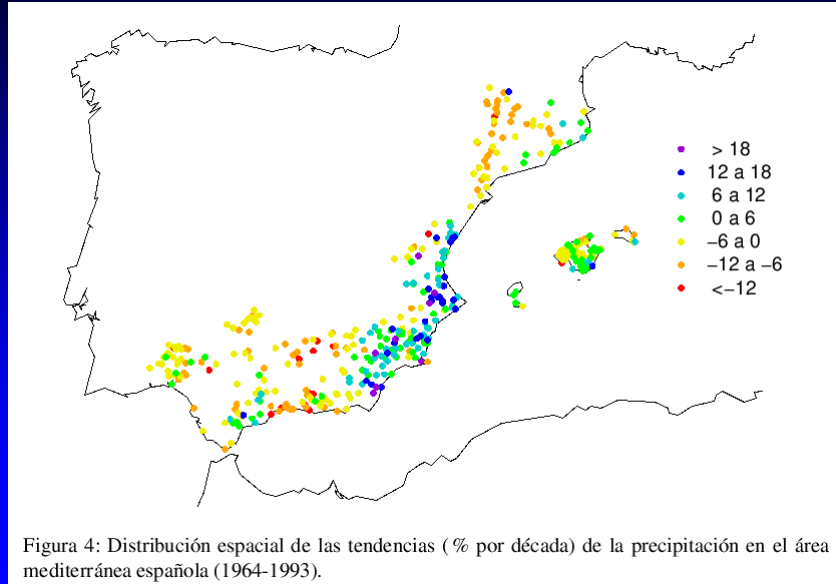
FUTURO COMPENSADO
121 décadas (MEDIA + VARIABILIDAD)







ALGUNAS OBSERVACIONES DEL PASADO RECIENTE (Guijarro J. A. 2002)



ESQUEMA

- 1) **Clima terrestre.-** Factores determinantes; importancia de los gases de efecto invernadero
- 2) **Cambio climático.-** Influencia antrópica y tendencias observadas
- 3) **Cambio climático futuro.-** Escenarios de emisiones, modelos de simulación del clima y técnicas de regionalización
- 4) **Algunos impactos del cambio climático**

ESCALA GLOBAL

(Informes IPCC)

Especies y sistemas

El calentamiento observado ha afectado ya a algunas especies y sistemas. Los más vulnerables podrían estar en peligro de sufrir daños, o incluso pérdidas aún para pequeños cambios en el clima, asociados p.e. a un calentamiento inferior a 1°C. Un calentamiento superior a ese valor haría que crecieran los riesgos para estas especies y sistemas y amenazaría a otras. Lo mismo se cree que ocurrirá con los riesgos para la vida humana, los bienes, los cultivos, la ganadería y los ecosistemas.



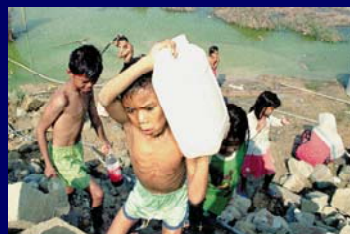
Fenómenos climáticos extremos

Algunos fenómenos extremos han experimentado ya un aumento de frecuencia e intensidad que, probablemente, se acentuará con el incremento de la temperatura.



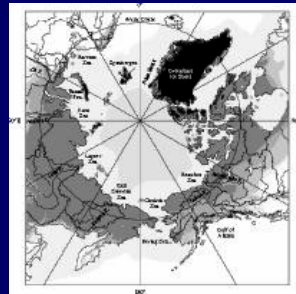
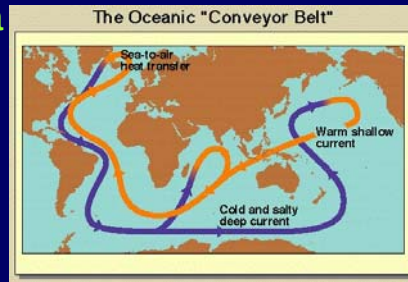
Distribución de los impactos

Los países en vías de desarrollo corren mayor peligro de sufrir impactos adversos como consecuencia del cambio climático. En cada país, las poblaciones más pobres son las más vulnerables y las más amenazadas por los impactos que prevén los escenarios con mayores niveles de calentamiento



Fenómenos de gran escala y de fuerte impacto

La probabilidad de que se produzcan fenómenos de gran escala y de fuerte impacto a cien años vista, como p.e. la interrupción de la circulación termohalina o la desaparición del hielo en ambos polos, es muy baja si el calentamiento no supera unos pocos grados. Para niveles de calentamiento superiores, y a un plazo superior a 100 años, las probabilidades y los riesgos aumentan



Impactos ecológicos (1)

Muerte de los corales al estar expuestos, durante 6 o más meses, a temperaturas del agua superficial 3-4 °C superiores a las máximas estacionales (confianza alta).



Reducción importante de glaciares y volumen de hielo, siendo los glaciares tropicales particularmente vulnerables pudiendo llegar a desaparecer (confianza alta).



Pérdida de sistemas vegetales únicos y de sus especies endémicas, como por ejemplo la vegetación de la región de El Cabo, Sudáfrica, y algunas zonas de pluvisilva (confianza media).

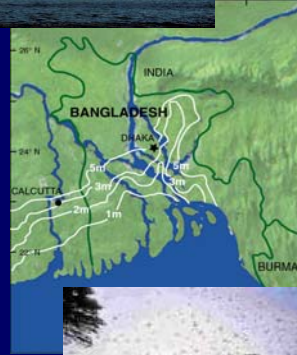


Impactos ecológicos (2)

Reducción de la extensión de hielo marino en el verano ártico, lo que es beneficioso para la navegación pero tiene efectos adversos sobre los animales que dependen del hielo marino, como por ejemplo focas, osos polares o morsas (confianza alta).



Perdida de zonas húmedas costeras por efecto del aumento del nivel del mar - hasta un 10% en todo el mundo para un aumento de 20 cm y porcentajes más altos en algunas áreas (confianza alta).



Aumento de las alteraciones de los ecosistemas por efecto de los incendios y de las plagas de insectos (confianza alta).



Impactos ecológicos (y 3)

Aumento de la productividad primaria neta de muchos bosques de latitudes medias y altas (confianza media).



Prolongación de la estación de cultivo, desplazamiento de las extensiones de las especies vegetales y animales, y anticipación de la floración de los árboles, de la aparición de insectos y de la puesta de huevos por los pájaros (ya observado; se considera que la magnitud del efecto será mayor a medida que aumente la temperatura).



Impactos en la agricultura (1)

Disminución general del rendimiento de los cultivos de cereales en latitudes medias (confianza media).

Disminución de los rendimientos de los cultivos en áreas con sequías más intensas (confianza alta).

Aumento del precio de los alimentos en relación con las proyecciones que no tienen en cuenta el cambio climático (confianza media).

Disminución del rendimiento en los cultivos de cereales en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales (confianza media).



Impactos en la agricultura (y 2)

Aumento de los efectos del calor sobre el ganado y de los daños a los cultivos debidos a olas de calor (confianza alta).

Disminución de los daños por heladas en algunas cosechas (confianza alta).

Aumento del rendimiento de los cultivos de cereales en muchas regiones de latitudes medias y altas hasta alcanzar un máximo, invirtiéndose luego a medida que aumente la temperatura (confianza media).



Impactos en los recursos hídricos



Disminución de la cantidad y calidad del agua en áreas que ya sufren las sequías más intensas (confianza alta).



Aumento de los daños producidos por crecidas debido a fenómenos de lluvias más intensas (confianza alta).



Disminución del agua disponible para suministro en muchos países que actualmente sufren escasez de agua (pueden verse afectadas 500 millones de personas en Asia central, sur de África y países circundantes del Mediterráneo).

Aumento del agua para suministro en otros países con escasez de agua (por ejemplo, en partes de Asia).



Impactos en la salud (1)

Algunos de los impactos del cambio climático sobre la salud se producirán como consecuencia del cambio en la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos (olas de frío y calor, sequías, inundaciones ...) otros como consecuencia del efecto sobre sistemas ecológicos y humanos (procesos infecciosos, cultivos, producción de alimentos, concentraciones de poluentes y alergógenos, crisis económicas, desplazamientos de población ...).

Es difícil detectar en la actualidad la existencia de estos síntomas debido al carácter multifactorial (ambiental, demográfico, socio-económico) que, además, está en cambio continuo. Esto influye también en las evaluaciones del impacto futuro, lo mismo que las diferencias en vulnerabilidad y su variación temporal.

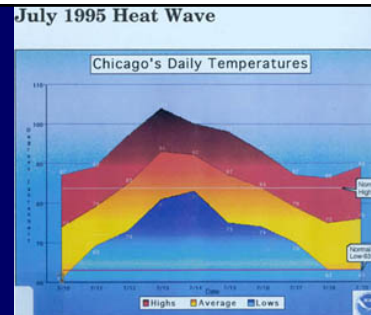


Impactos en la salud (2)

La investigación llevada a cabo mediante el análisis de la influencia del fenómeno de El Niño, por medio de estudios epidemiológicos y modelos matemáticos para predecir la aparición de enfermedades conduce, entre otras, a las siguientes conclusiones:

Un incremento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor incrementará el riesgo de mortalidad y morbilidad en los grupos de población de mayor edad y pobres urbanos (confianza alta).

Los inviernos más templados y la menor presencia de olas de frío reducirá la mortalidad en muchos países templados (confianza alta).



Impactos en la salud (3)

Cualquier incremento a escala regional de extremos climáticos (tormentas, inundaciones, ciclones, etc.) asociado al cambio climático causaría daños físicos, desplazamientos de población y efectos adversos sobre la producción de alimentos, disponibilidad y calidad de los recursos hídricos lo que incrementaría el riesgo de enfermedades infecciosas epidémicas, particularmente en los países en vías de desarrollo (confianza muy alta). A pesar de que los fenómenos violentos recientes no pueden ser atribuidos directamente al cambio climático, indican la vulnerabilidad de la población a tales eventos.

El cambio climático producirá un deterioro en la calidad del aire en muchas grandes áreas urbanas, suponiendo que el nivel actual de emisiones continúe (confianza media a alta).



Impactos en la salud (4)

En áreas con infraestructuras sanitarias inadecuadas y en lugares donde las temperaturas actuales o en el futuro permitan la propagación de enfermedades por vectores (paludismo, dengue y leishmaniasis), al aumentar la temperatura (junto con precipitación adecuada) dichas enfermedades se extenderán a mayores altitudes (confianza media a alta) y mayores latitudes (confianza media a baja). Las mayores temperaturas, con adecuada precipitación, harán aumentar el periodo de transmisión en zonas endémicas (confianza media a alta).

La población en zonas de transmisión potencial de malaria y dengue aumentará ligeramente (confianza media a alta).

Los cambios en la cantidad y calidad del agua superficial afectarán a la incidencia de diarreas (confianza media). El calentamiento de los mares facilitará la transmisión del cólera en zonas costeras (confianza baja).



Impactos en la salud (y 5)

Incrementará la incidencia de ciguatera y otros envenenamientos por pescado y marisco (confianza baja).

La población desnutrida en los países en desarrollo aumentará (confianza media).

Los impactos sobre la salud asociados con crisis sociales y económicas y con el desplazamiento de la población en algunos asentamientos humanos serán de gran importancia (confianza alta).

Todos esos impactos están fuertemente condicionados por el nivel de infraestructuras sanitarias.



ESPAÑA

(Proyecto ECCE de la OECC)

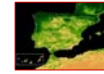


Ecosistemas terrestres





Principales impactos



- Alteraciones en la fenología
- Modificación en las interacciones entre especies
- Cambios en la composición de las comunidades
- La estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres y los servicios que prestan se alterará
- Aumentará el impacto de las perturbaciones (naturales, antrópicas)



Fenología de plantas

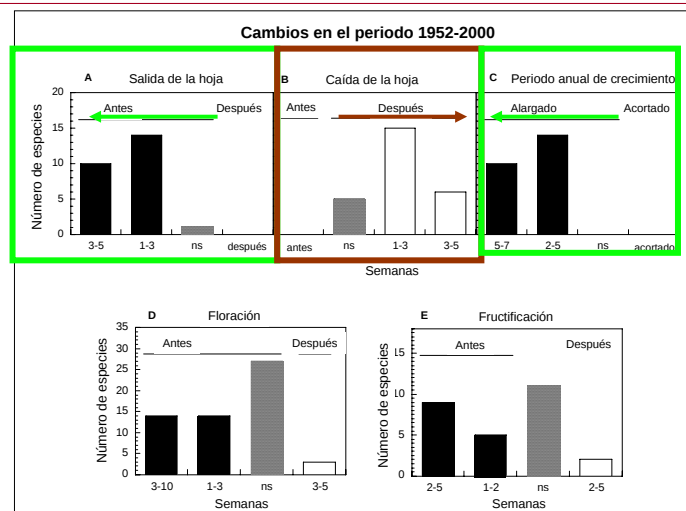
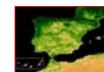
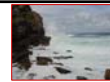


Fig. 2.1. Frecuencia de especies vegetales con ciclos de vida alterados durante las últimas cinco décadas (desde el 1952 al 2000) en Cardedeu (Vallès Oriental, Barcelona). Antes y después aluden al momento del evento, es decir si se adelanta y retrasa respectivamente durante el periodo estudiado; ns = no significativo. (Elaborado de Peñuelas et al. 2002).

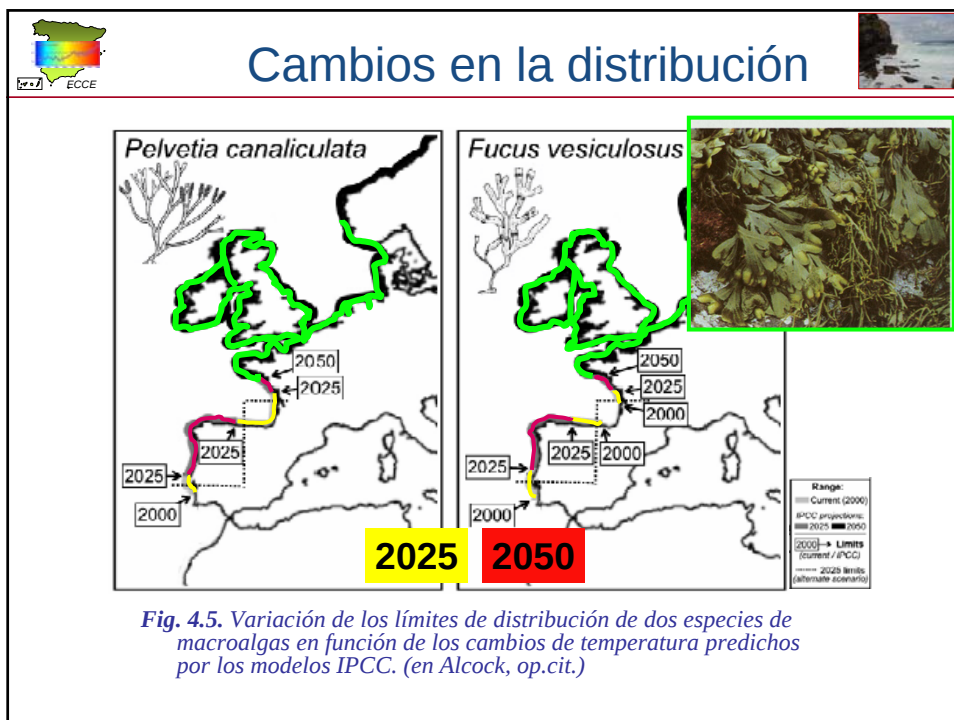
Ecosistemas marinos y el sector pesquero



Impactos



- Calentamiento del agua
- Cambios en la circulación de mesoescala
- Disminución de la productividad
- Cambios en las redes tróficas (las especies recurso son muy sensible en su fase larvaria y en el reclutamiento)
- Alteración en la distribución de las especies





Impactos



- El nivel medio del mar subirá entre 10 y 68 cm (50 cm escenario más probable)
- Los deltas y playas confinadas o rigidizadas son vulnerables y se perderán
- Buena parte de las zonas bajas costeras se inundarán (deltas del Ebro, Llobregat, Manga del Mar Menor, costa de Doñana)

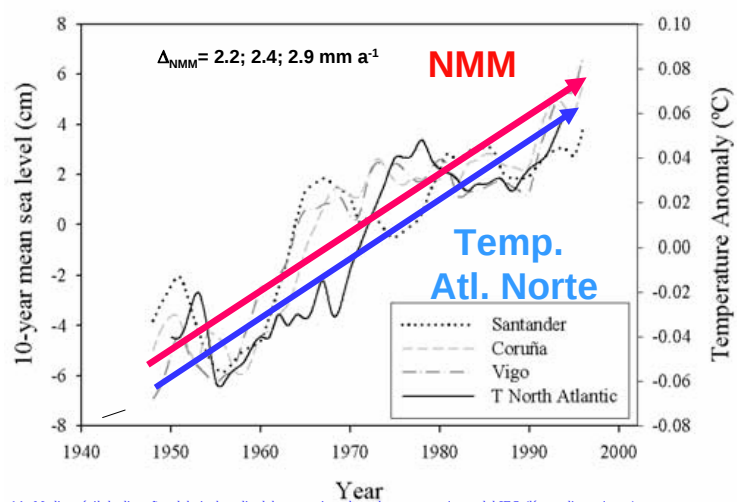


Fig. 14. Media móvil de diez años del nivel medio del mar registrado en las tres estaciones del IEO (líneas discontinuas) y temperatura media del Atlántico Norte compilada por Levitus et al. [2000] (línea continua) (esta última digitalizada de la figura disponible en la web <http://www.sciencemag.org/feature/data/1046907.shl>) (De Marcos et al. 2005).

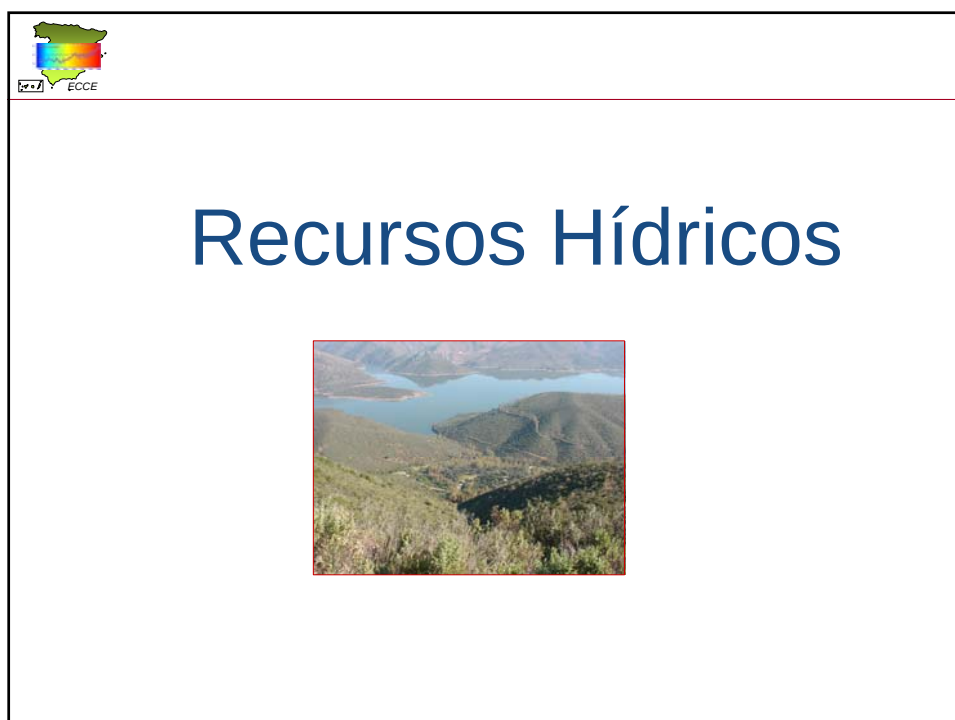
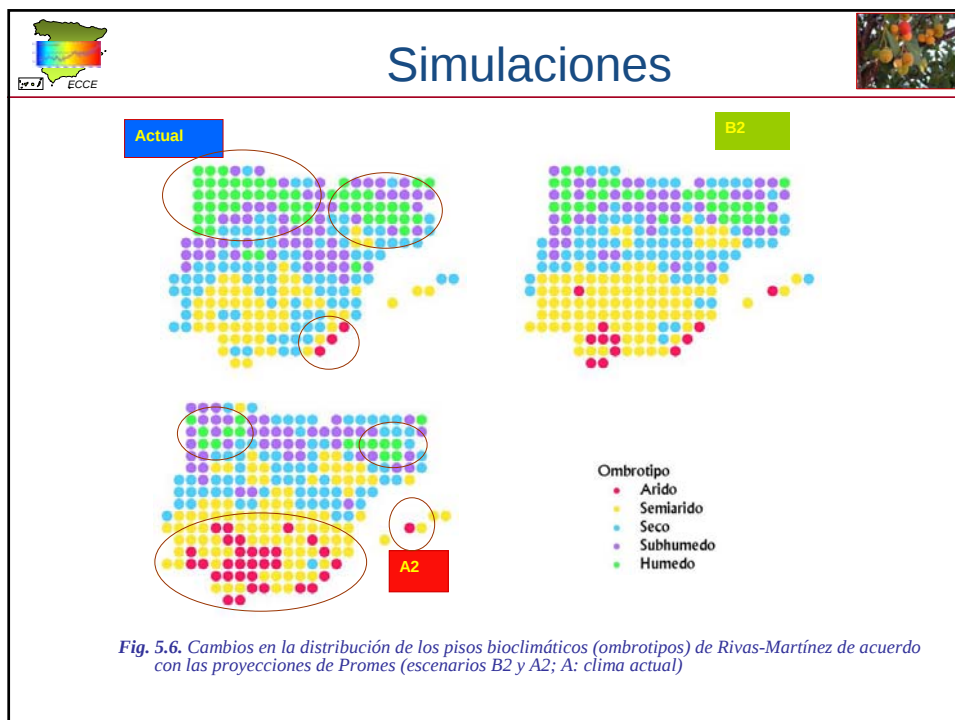
Biodiversidad Vegetal



Impactos



- La “mediterraneización” del norte peninsular y la “aridización” del sur
- Los cambios suponen el desplazamiento altitudinal de entre medio y un piso de vegetación
- Las condiciones excederán lo tolerable para muchas especies





Impactos



- Las aportaciones hídricas disminuirán
- La variabilidad interanual aumentará
- Los impactos más severos se darán en las cuencas del Guadiana, Canarias, Segura, Júcar, Guadalquivir, Sur y Baleares



Simulación

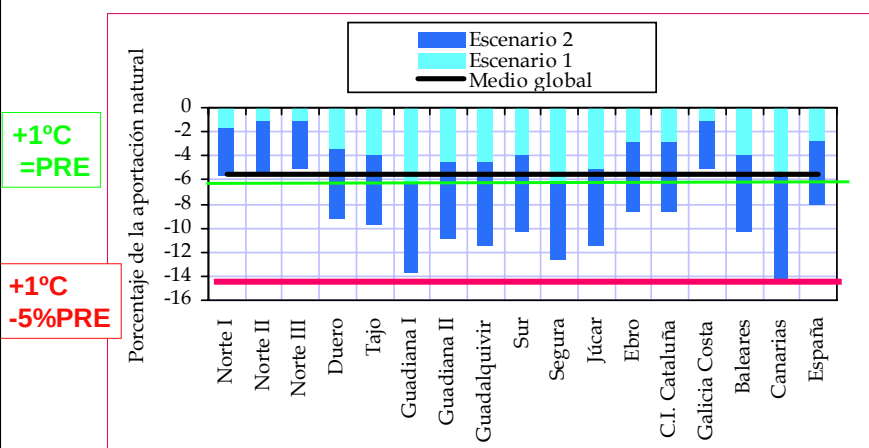


Fig. 10. Porcentajes de disminución de la aportación total, para los escenarios climáticos considerados, en el largo plazo de la planificación hidrológica. Los escenarios 1 y 2 representan simulaciones de aumento de la temperatura de 1°C, sin cambio en las precipitaciones o con una disminución del 5% de éstas, respectivamente. (MIMAM 2000. El Libro Blanco del Agua en España).



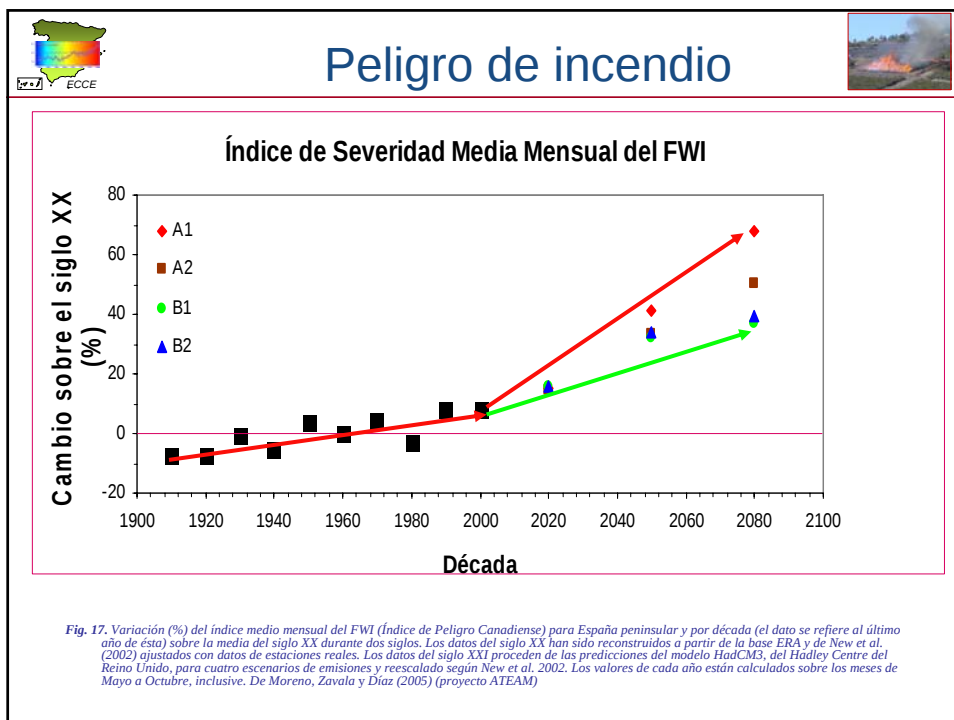
Riesgo de Incendios Forestales



Impactos



- La inflamabilidad de los combustibles aumentará
- Los índices medios de peligro aumentarán y, en particular, la frecuencia de situaciones extremas
- La duración media de la temporada de peligro aumentará
- La frecuencia, intensidad y magnitud de los incendios aumentará





Impactos



- La demanda eléctrica, de petróleo y de gas natural aumentará y cambiará la demanda en el tiempo
- La producción de energía hidráulica se reducirá



Consumo eléctrico y temperatura

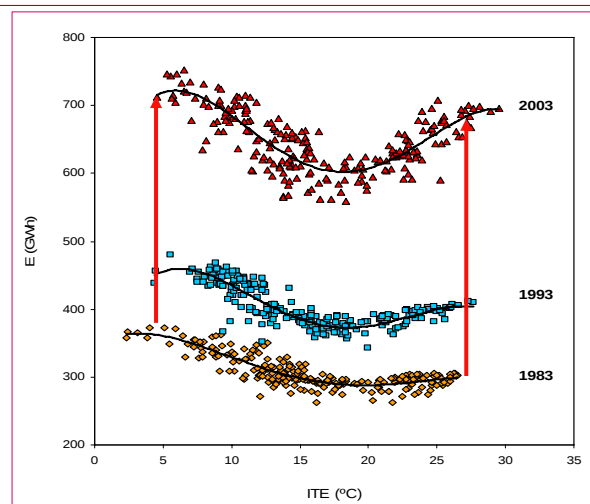


Fig. 18. Consumo de electricidad (E [GW h]) en relación con la temperatura del aire (ITE [°C]) en 1983, 1993 y 2003 y ajuste polinomial. De López Zafra, Sánchez de Tembleque y Meneu Ferrer (elaboración propia a partir de datos del INM, INE y REE).

Salud Humana



Impactos



- Aumento en la morbi-mortalidad por olas de calor, que serán más frecuentes, intensas y duraderas
- Las partículas finas y el ozono aumentarán y agravarán los problemas de salud
- La extensión geográfica a nuestro país de vectores ya establecidos o por la implantación e instalación de vectores subtropicales adaptados a sobrevivir en climas más cálidos

Mortalidad y temperatura

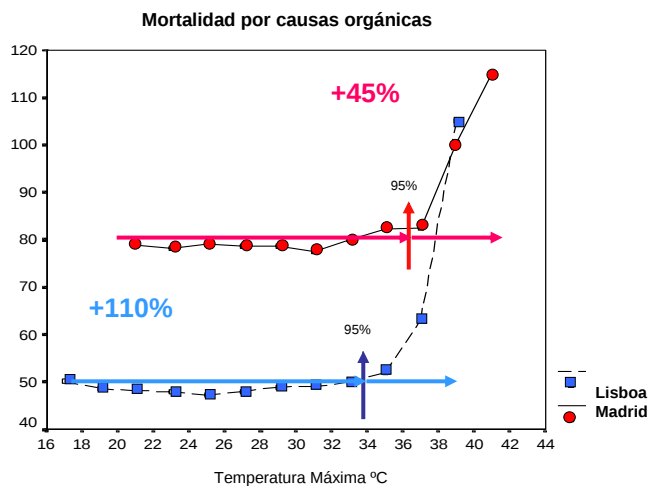


Fig. 21. Temperatura de disparo de la mortalidad por causas para las ciudades de Madrid (círculos rojos) y Lisboa (cuadrados azules). Se marca la temperatura umbral del 95 % de las series de temperaturas máximas diarias en el periodo junio-septiembre. (Díaz et al. 2002. Int. Arch. Occ. Env. Hea. 75: 163-170).

Resumen

- El clima de España es altamente probable que sufra cambios durante el siglo XXI, de mayor magnitud que el clima global
- Los impactos del CC serán muchos, importantes y variados geográficamente, por sectores y en el tiempo
- Estos serán más negativos que positivos y las posibles ganancias no compensan las pérdidas e incertidumbre



¿Dónde encontrar el informe?

- Disponible electrónicamente en Español e Inglés
 - OECC: www.mma.es/oecc

