

Clima passat i futur a Catalunya

Marc Prohom i Duran

***Cap de l'Àrea de Climatologia
Servei Meteorològic de Catalunya***

@MProhom – marc.prohom@gencat.cat

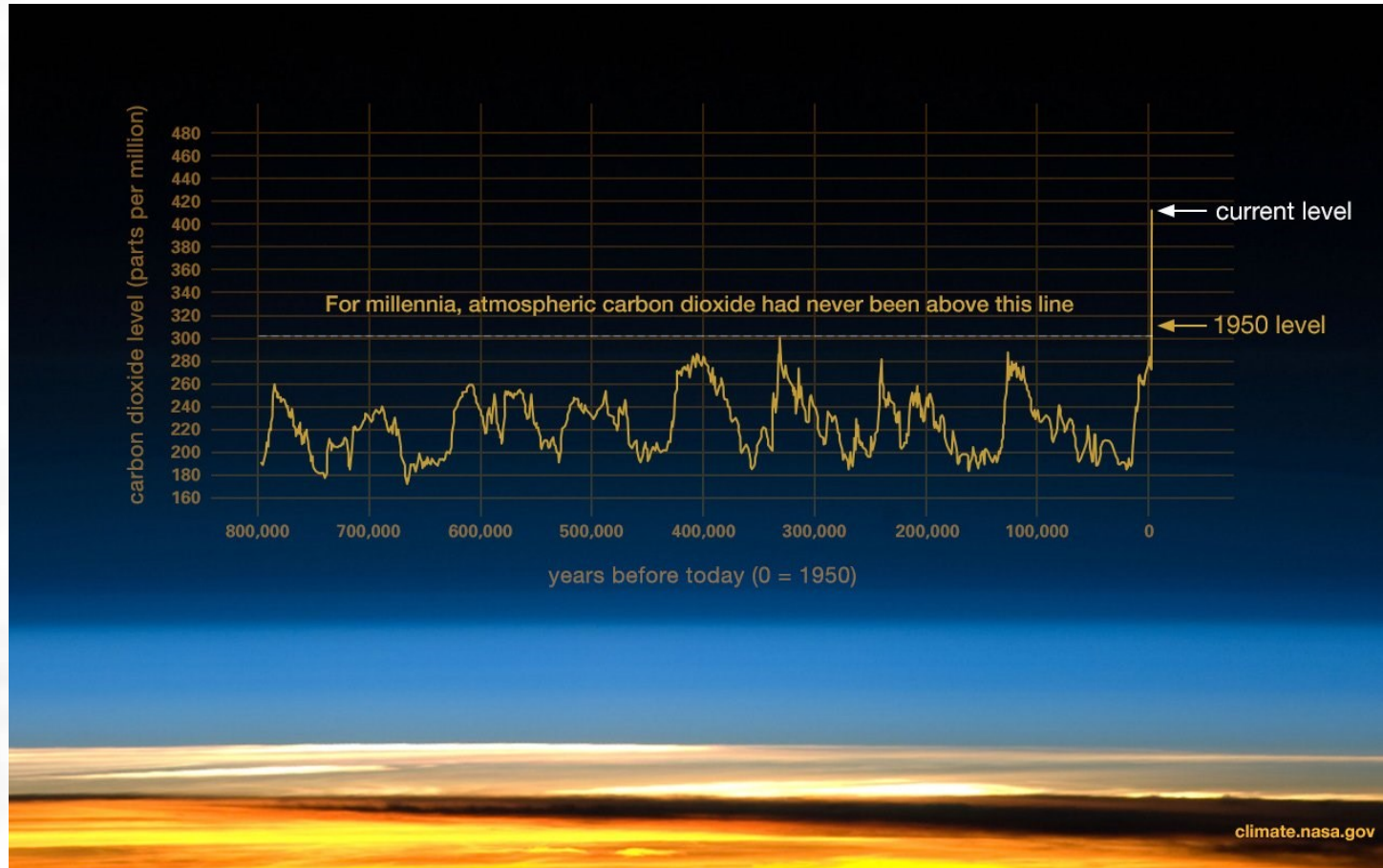
19 de gener del 2021

Estratègia Catalana d'Adaptació al Canvi Climàtic 2021-2030 (ESCACC30)

Clima observat

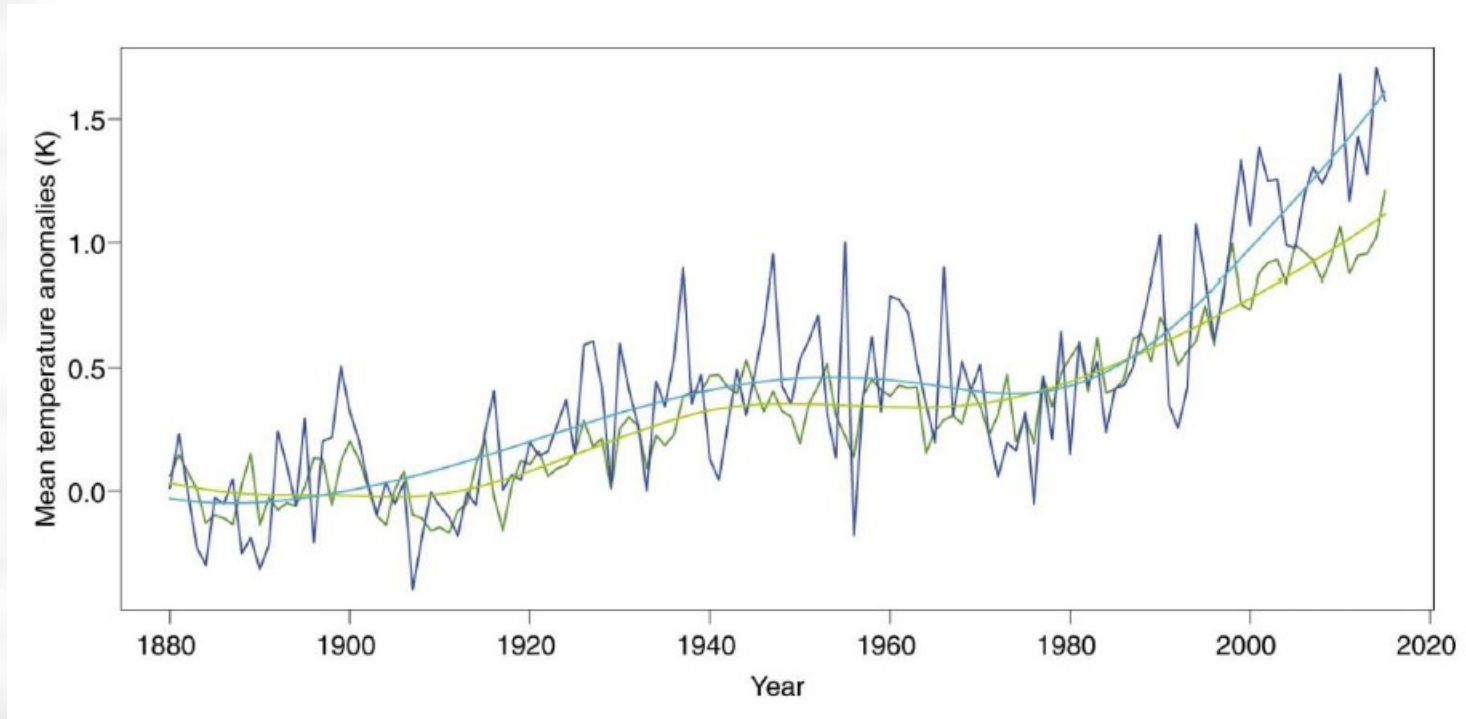
Canvi climàtic: què en sabem?

L'escalfament antròpic del clima és inequívoc



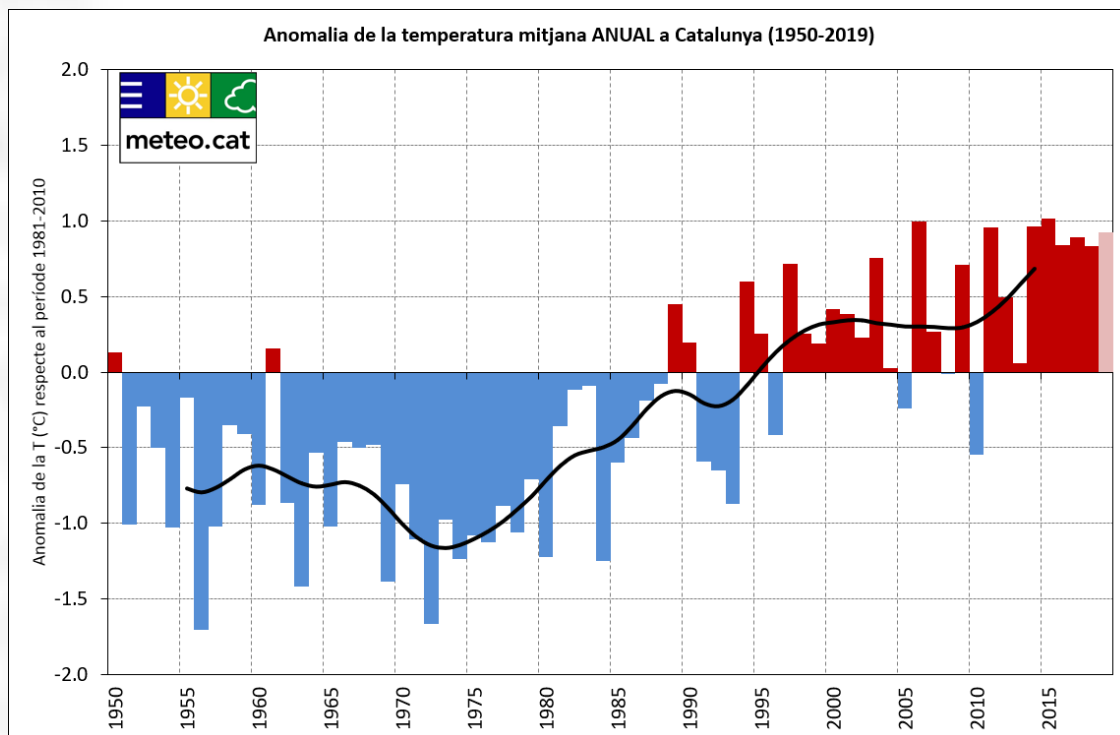
414 ppmv

- **Augment de la temperatura de l'aire global (i local)**



Evolució de la temperatura mitjana anual a la Mediterrània (línia blava) i al conjunt del món (línia verda) des de 1880, i expressat com a anomalies respecte del període 1880-1899. Font: informe MEDECC, 2019

Canvis en la temperatura de Catalunya. Evolució recent (1950-2019)



$\Delta TM = +0,25 \text{ }^\circ\text{C/dec}$
Increment d'1,7°C

$\Delta TX = +0,32 \text{ }^\circ\text{C/dec}$
 $\Delta TN = +0,19 \text{ }^\circ\text{C/dec}$

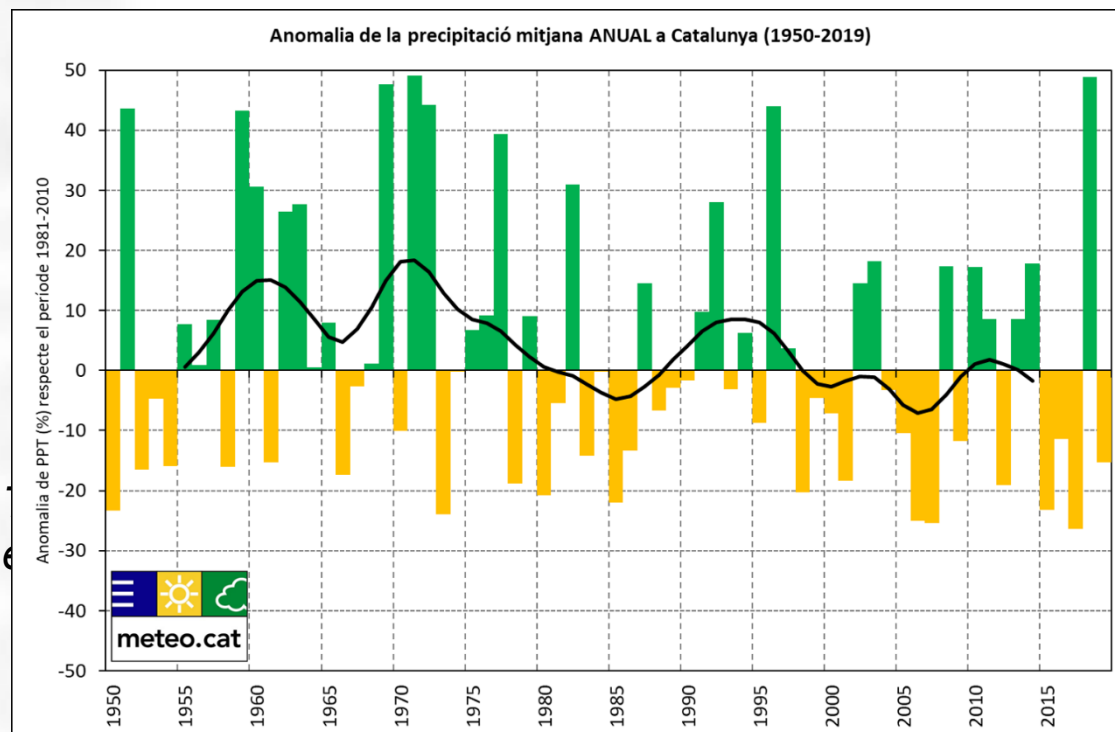
Tendència anual i estacional de la TM pel conjunt de Catalunya (1950-2019)

| | Tendència (°C/decenni) |
|-----------------|-------------------------|
| TM anual | +0,25 [+0,19 / +0,31] |
| TM d'hivern | +0,20 [+0,09 / +0,31] |
| TM de primavera | +0,23 [+0,13 / +0,33] |
| TM d'estiu | +0,37 [+0,27 / +0,47] |
| TM de tardor | +0,21 [+0,11 / +0,31] |

Rànquing mensual de la temperatura mitjana a Catalunya (1950-2019)

| | GEN | FEB | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DES | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 1950 | 41 | 18 | 29 | 60 | 36 | 10 | 4 | 34 | 18 | 8 | 66 | 1950 | |
| 1951 | 37 | 50 | 56 | 62 | 69 | 47 | 41 | 64 | 38 | 64 | 27 | 21 | 1951 |
| 1952 | 69 | 55 | 8 | 14 | 25 | 7 | 24 | 38 | 64 | 21 | 39 | 45 | 1952 |
| 1953 | 68 | 61 | 59 | 28 | 7 | 64 | 58 | 33 | 32 | 43 | 26 | 1 | 1953 |
| 1954 | 66 | 63 | 36 | 56 | 57 | 51 | 68 | 67 | 37 | 26 | 12 | 25 | 1954 |
| 1955 | 1 | 33 | 62 | 16 | 24 | 44 | 37 | 44 | 53 | 58 | 48 | 9 | 1955 |
| 1956 | 20 | 70 | 44 | 59 | 32 | 67 | 60 | 59 | 31 | 60 | 69 | 59 | 1956 |
| 1957 | 63 | 13 | 7 | 51 | 63 | 62 | 61 | 53 | 39 | 59 | 59 | 58 | 1957 |
| 1958 | 54 | 20 | 48 | 65 | 15 | 54 | 63 | 39 | 3 | 47 | 33 | 8 | 1958 |
| 1959 | 31 | 27 | 22 | 26 | 47 | 45 | 25 | 50 | 49 | 49 | 54 | 29 | 1959 |
| 1960 | 44 | 29 | 25 | 34 | 16 | 25 | 66 | 62 | 61 | 68 | 32 | 61 | 1960 |
| 1961 | 55 | 7 | 19 | 4 | 22 | 38 | 50 | 56 | 16 | 44 | 36 | 16 | 1961 |
| 1962 | 12 | 49 | 64 | 46 | 53 | 56 | 52 | 28 | 19 | 22 | 67 | 63 | 1962 |
| 1963 | 64 | 69 | 39 | 45 | 46 | 53 | 39 | 68 | 63 | 38 | 20 | 64 | 1963 |
| 1964 | 67 | 36 | 55 | 41 | 6 | 35 | 28 | 54 | 8 | 63 | 34 | 56 | 1964 |
| 1965 | 52 | 68 | 51 | 47 | 29 | 30 | 53 | 60 | 69 | 31 | 40 | 19 | 1965 |
| 1966 | 19 | 3 | 58 | 20 | 38 | 40 | 67 | 58 | 17 | 42 | 68 | 40 | 1966 |
| 1967 | 51 | 32 | 13 | 57 | 54 | 60 | 19 | 45 | 45 | 12 | 17 | 62 | 1967 |
| 1968 | 30 | 34 | 57 | 33 | 52 | 57 | 46 | 65 | 48 | 6 | 25 | 30 | 1968 |
| 1969 | 25 | 64 | 53 | 49 | 42 | 69 | 54 | 57 | 67 | 37 | 60 | 60 | 1969 |
| 1970 | 14 | 40 | 69 | 55 | 55 | 36 | 49 | 46 | 9 | 51 | 11 | 69 | 1970 |
| 1971 | 60 | 37 | 70 | 29 | 56 | 61 | 38 | 21 | 44 | 27 | 70 | 36 | 1971 |
| 1972 | 56 | 42 | 47 | 58 | 65 | 68 | 64 | 69 | 70 | 61 | 23 | 47 | 1972 |
| 1973 | 45 | 58 | 66 | 66 | 26 | 46 | 45 | 29 | 33 | 62 | 42 | 55 | 1973 |
| 1974 | 15 | 44 | 52 | 64 | 41 | 52 | 55 | 48 | 62 | 70 | 47 | 37 | 1974 |
| 1975 | 17 | 26 | 67 | 54 | 62 | 59 | 30 | 36 | 58 | 56 | 50 | 57 | 1975 |
| 1976 | 57 | 35 | 49 | 63 | 33 | 16 | 44 | 63 | 65 | 66 | 66 | 26 | 1976 |
| 1977 | 34 | 16 | 23 | 40 | 66 | 66 | 70 | 70 | 55 | 19 | 45 | 11 | 1977 |
| 1978 | 61 | 22 | 33 | 69 | 60 | 65 | 62 | 52 | 24 | 54 | 53 | 23 | 1978 |
| 1979 | 26 | 30 | 43 | 68 | 45 | 34 | 31 | 49 | 54 | 45 | 62 | 42 | 1979 |
| 1980 | 53 | 17 | 50 | 67 | 68 | 63 | 69 | 22 | 13 | 53 | 56 | 65 | 1980 |
| 1981 | 43 | 60 | 5 | 36 | 59 | 26 | 65 | 37 | 30 | 32 | 24 | 14 | 1981 |
| 1982 | 5 | 28 | 61 | 38 | 44 | 18 | 9 | 55 | 35 | 52 | 30 | 41 | 1982 |
| 1983 | 35 | 65 | 32 | 43 | 51 | 28 | 6 | 51 | 14 | 28 | 4 | 33 | 1983 |
| 1984 | 32 | 57 | 68 | 32 | 70 | 58 | 26 | 66 | 60 | 55 | 10 | 53 | 1984 |
| 1985 | 70 | 14 | 65 | 21 | 64 | 39 | 17 | 42 | 5 | 15 | 64 | 34 | 1985 |
| 1986 | 38 | 62 | 41 | 70 | 11 | 31 | 33 | 31 | 22 | 24 | 29 | 49 | 1986 |
| 1987 | 62 | 45 | 42 | 10 | 58 | 49 | 43 | 16 | 1 | 36 | 46 | 10 | 1987 |
| 1988 | 6 | 39 | 34 | 35 | 34 | 55 | 35 | 24 | 29 | 16 | 31 | 50 | 1988 |
| 1989 | 46 | 21 | 4 | 61 | 23 | 33 | 15 | 15 | 47 | 25 | 9 | 2 | 1989 |
| 1990 | 29 | 1 | 16 | 53 | 17 | 37 | 22 | 19 | 18 | 33 | 44 | 67 | 1990 |
| 1991 | 40 | 53 | 20 | 62 | 67 | 43 | 21 | 8 | 12 | 67 | 49 | 39 | 1991 |
| 1992 | 65 | 43 | 35 | 25 | 18 | 70 | 51 | 13 | 46 | 65 | 13 | 24 | 1992 |
| 1993 | 39 | 52 | 54 | 42 | 37 | 24 | 57 | 30 | 59 | 69 | 58 | 32 | 1993 |
| 1994 | 27 | 25 | 3 | 50 | 21 | 22 | 3 | 3 | 57 | 40 | 5 | 22 | 1994 |
| 1995 | 22 | 6 | 38 | 23 | 30 | 50 | 16 | 35 | 66 | 8 | 15 | 12 | 1995 |
| 1996 | 3 | 48 | 45 | 24 | 40 | 27 | 42 | 47 | 68 | 50 | 35 | 15 | 1996 |
| 1997 | 18 | 5 | 2 | 8 | 19 | 41 | 59 | 25 | 25 | 7 | 21 | 20 | 1997 |
| 1998 | 11 | 8 | 10 | 44 | 28 | 17 | 20 | 20 | 28 | 46 | 55 | 48 | 1998 |
| 1999 | 23 | 38 | 24 | 22 | 4 | 23 | 23 | 10 | 20 | 30 | 65 | 44 | 1999 |
| 2000 | 59 | 2 | 17 | 31 | 8 | 21 | 48 | 17 | 21 | 41 | 43 | 5 | 2000 |
| 2001 | 9 | 24 | 1 | 17 | 20 | 9 | 34 | 9 | 56 | 4 | 61 | 70 | 2001 |
| 2002 | 21 | 12 | 11 | 18 | 49 | 14 | 40 | 61 | 51 | 29 | 16 | 6 | 2002 |
| 2003 | 36 | 56 | 18 | 11 | 13 | 1 | 7 | 1 | 40 | 57 | 14 | 28 | 2003 |
| 2004 | 10 | 41 | 60 | 48 | 50 | 11 | 36 | 14 | 15 | 10 | 51 | 27 | 2004 |
| 2005 | 58 | 67 | 46 | 12 | 10 | 3 | 14 | 41 | 41 | 17 | 41 | 68 | 2005 |
| 2006 | 50 | 46 | 14 | 3 | 3 | 8 | 2 | 43 | 11 | 3 | 1 | 38 | 2006 |
| 2007 | 13 | 9 | 28 | 5 | 14 | 19 | 29 | 40 | 36 | 35 | 52 | 46 | 2007 |
| 2008 | 8 | 15 | 31 | 13 | 39 | 32 | 27 | 18 | 43 | 39 | 63 | 52 | 2008 |
| 2009 | 47 | 31 | 26 | 39 | 2 | 6 | 18 | 4 | 27 | 13 | 7 | 35 | 2009 |
| 2010 | 48 | 54 | 63 | 15 | 48 | 42 | 8 | 27 | 42 | 48 | 57 | 51 | 2010 |
| 2011 | 33 | 19 | 30 | 1 | 5 | 29 | 56 | 12 | 4 | 11 | 2 | 13 | 2011 |
| 2012 | 24 | 66 | 15 | 37 | 12 | 4 | 32 | 2 | 26 | 20 | 19 | 18 | 2012 |
| 2013 | 16 | 47 | 27 | 30 | 61 | 48 | 13 | 26 | 23 | 2 | 28 | 43 | 2013 |
| 2014 | 7 | 23 | 21 | 2 | 31 | 13 | 47 | 32 | 7 | 1 | 3 | 31 | 2014 |
| 2015 | 28 | 51 | 12 | 6 | 1 | 5 | 1 | 23 | 50 | 34 | 6 | 4 | 2015 |
| 2016 | 2 | 11 | 37 | 19 | 35 | 20 | 11 | 11 | 6 | 14 | 22 | 17 | 2016 |
| 2017 | 49 | 4 | 6 | 9 | 9 | 2 | 12 | 7 | 52 | 5 | 38 | 54 | 2017 |
| 2018 | 4 | 59 | 40 | 7 | 27 | 15 | 10 | 5 | 2 | 23 | 18 | 7 | 2018 |
| 2019 | 42 | 10 | 9 | 27 | 43 | 12 | 5 | 6 | 10 | 9 | 37 | 3 | 2019 |
| | GEN | FEB | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DES | |

Canvis en la precipitació. Evolució recent (1950-2019)

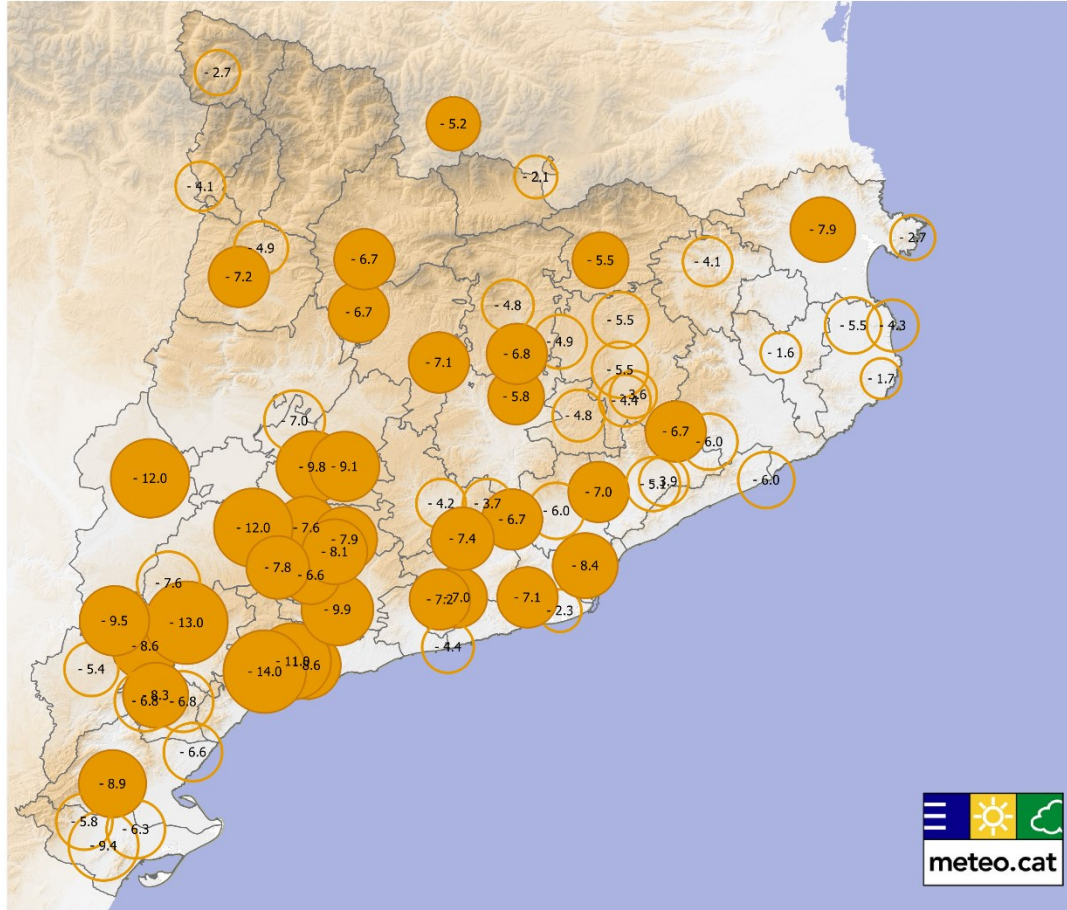


Tendència anual
PPT= -1,6 %/decenni
...sense significació estadística

Tendència anual i estacional de la PPT pel conjunt de Catalunya (1950-2019)

| | Tendència (%/decenni) |
|------------------|----------------------------|
| PPT anual | - 1,6 [+ 0,9 / - 4,1] |
| PPT d'hivern | - 3,4 [+ 3,1 / - 9,8] |
| PPT de primavera | - 0,1 [+ 4,7 / - 4,9] |
| PPT d'estiu | - 5,9 [- 1,5 / - 10,3] * |
| PPT de tardor | + 0,4 [+ 4,9 / - 4,1] |

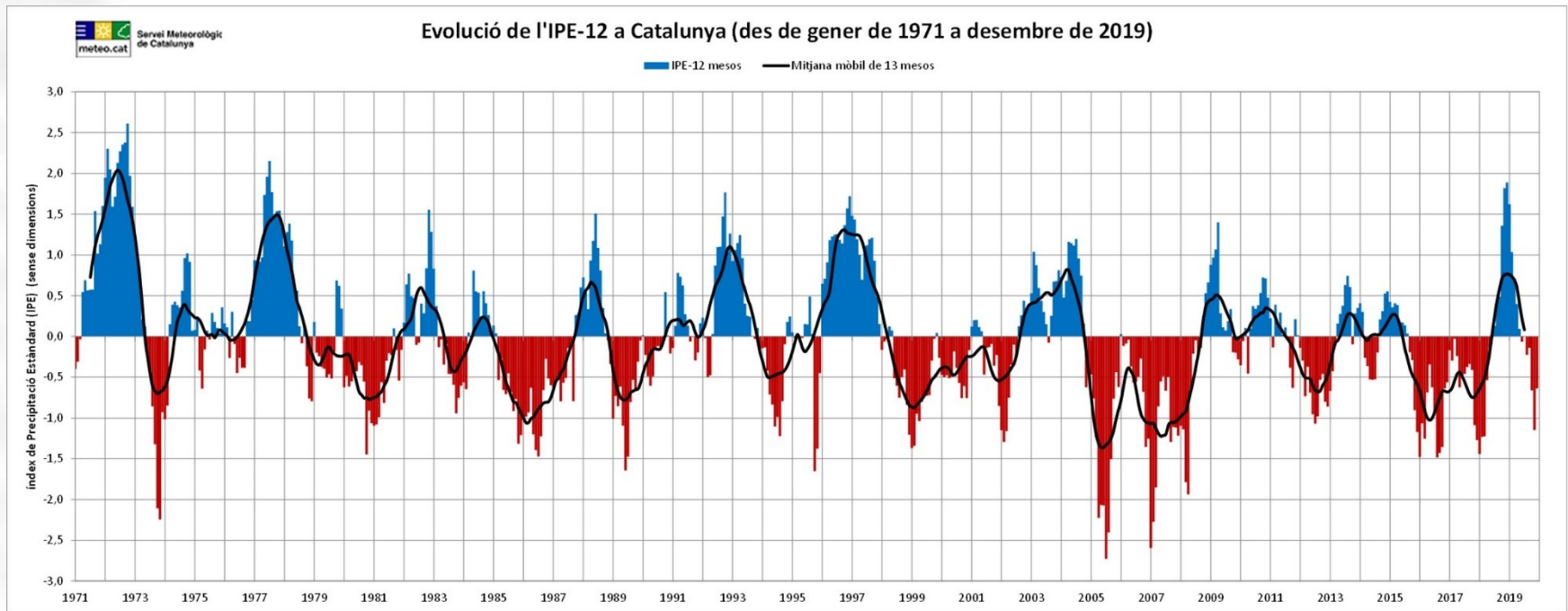
Canvis en la precipitació. Evolució recent (1950-2019)



Tendència de la precipitació a l'estiu (1950-2019)

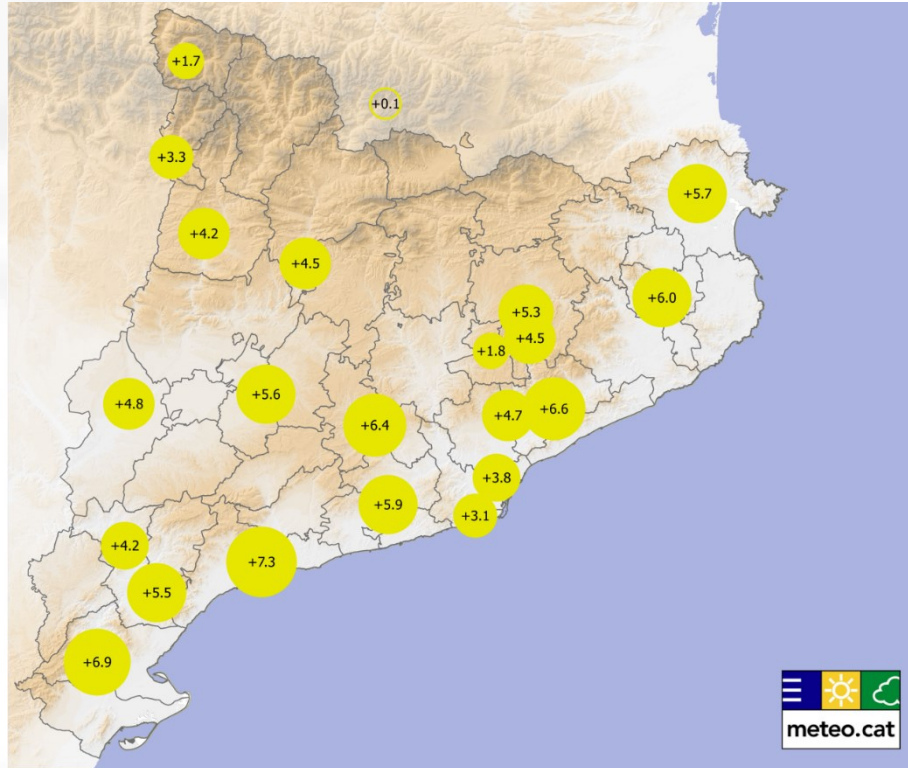
L'àrea dels cercles representa el percentatge de canvi per dècada.
Precipitació: blau = positiu, taronja = negatiu
Cercle sòlid indica tendència estadísticament significativa: $p < 0.05$

Canvis en la precipitació. La sequera (1971-2019)



Evolució temporal mensual de l'Índex de Precipitació Estàndard a 6 mesos (IPE-6, a dalt) i a 12 mesos (IPE-12, a baix) per al conjunt de Catalunya durant el període de gener de 1971 fins a desembre de 2019. Les barres blaves representen valors de l'índex positius (superàvit de precipitació) i les barres vermelles corresponen a valors negatius (dèficit de precipitació). La línia negra correspon a la mitjana mòbil de l'índex per a un interval de 13 mesos.

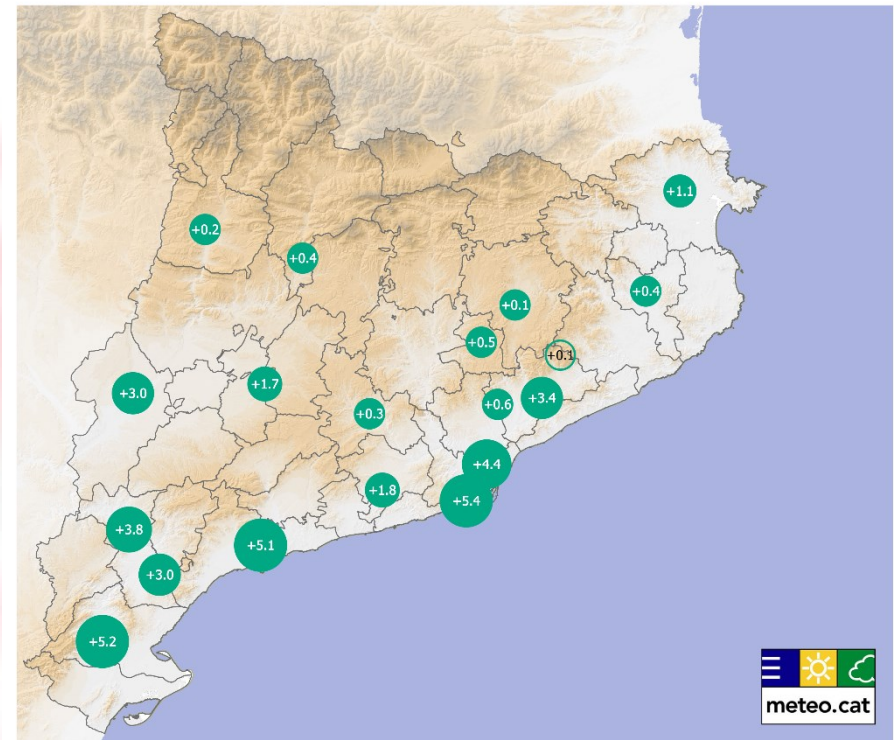
Canvis en els extrems climàtics (1950-2019)



DE30 - Dies de calor

Nombre de dies per any en què la TX supera els 30 °C

Actualment hi ha 30/40 dies més de calor que el 1950

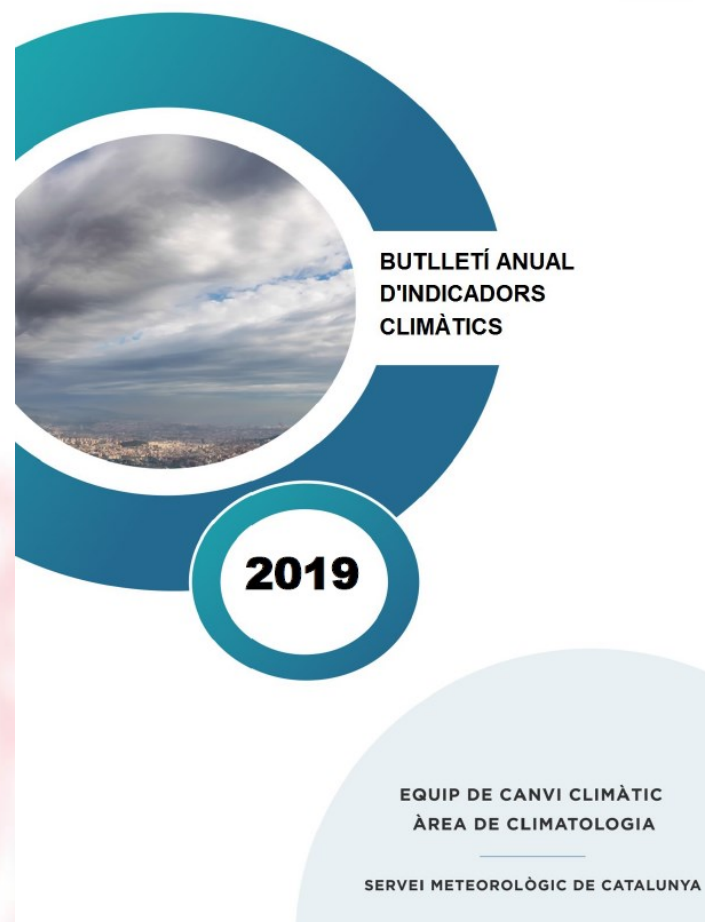


Nits tropicals

Nombre de dies per any en què la TN supera els 20 °C

Actualment hi ha 30/40 nits tropicals que el 1950

Més informació al Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics (BAIC)

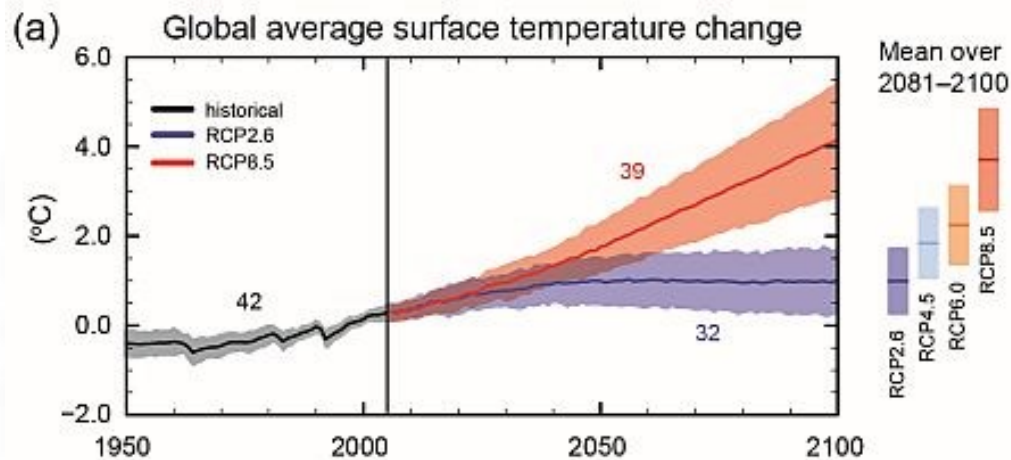


<https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima-ara/tendencia-climatica/>
<https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima-ara/indexs-climaticos/>

Clima projectat

Les projeccions de canvi climàtic

Les **projeccions de Canvi Climàtic** són simulacions del clima de la Terra per a les futures dècades (normalment fins al 2100) basades en suposats "escenaris" de concentracions de gasos d'efecte hivernacle, aerosols i altres components atmosfèrics que afecten l'equilibri radiatiu del planeta.



Multimodel simulat (CMIP5) de sèries temporals de 1950 a 2100 per al canvi de la temperatura mitjana anual global de la superfície, en relació amb el 1986-2005. FONT: IPCC 2013

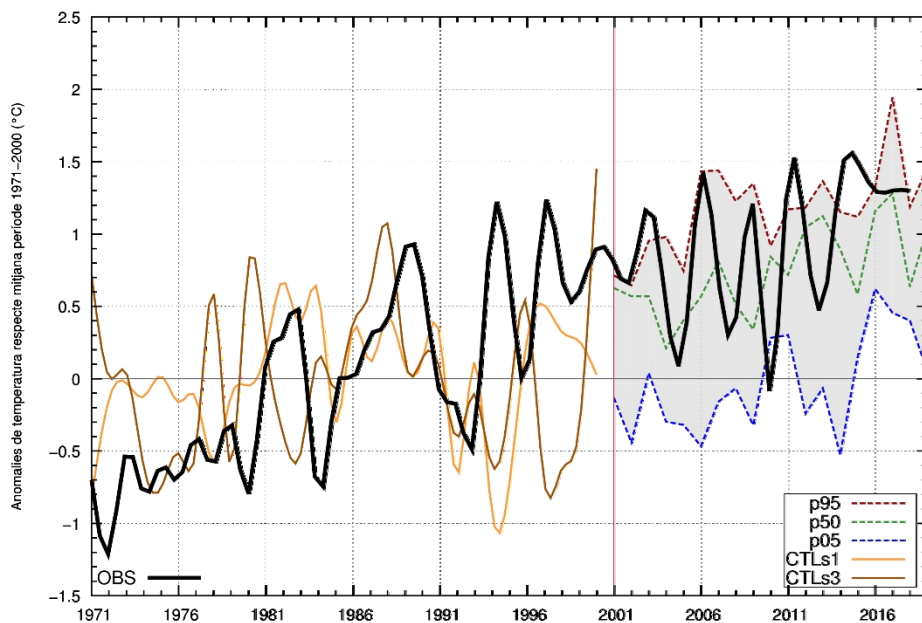
Les projeccions de canvi climàtic

- a) Avaluar la bondat de les simulacions realitzades (2001-2018) amb la realitat observada.
- b) Elaboració de projeccions regionalitzades a 1 km durant el segle XXI per a tot Catalunya a partir de simulacions globals de l'IPCC-AR5 (2013).

| Característiques | Simulacions prèvies | Simulacions actuals |
|-----------------------|--|--|
| Metodologia | Regionalització dinàmica | Regionalització estadística |
| Resolucio espacial | 15 i 10 km | 1 km |
| Nombre de models | 2 | 3 |
| Variables | Temperatura mitjana, mínima, màxima, humitat relativa, precipitació i velocitat del vent | Temperatura mitjana, mínima, màxima, precipitació i índexs d'extrems climàtics |
| Escenaris d'emissions | IPCC AR4: A2 i B1 | IPCC AR5: RCP 4,5 i 8,5 |

Avaluació de les projeccions prèvies (2001-2018)

Evolució temporal projectada de les anomalies mitjanes anuals de TM (°C) a Catalunya (1971-2018)

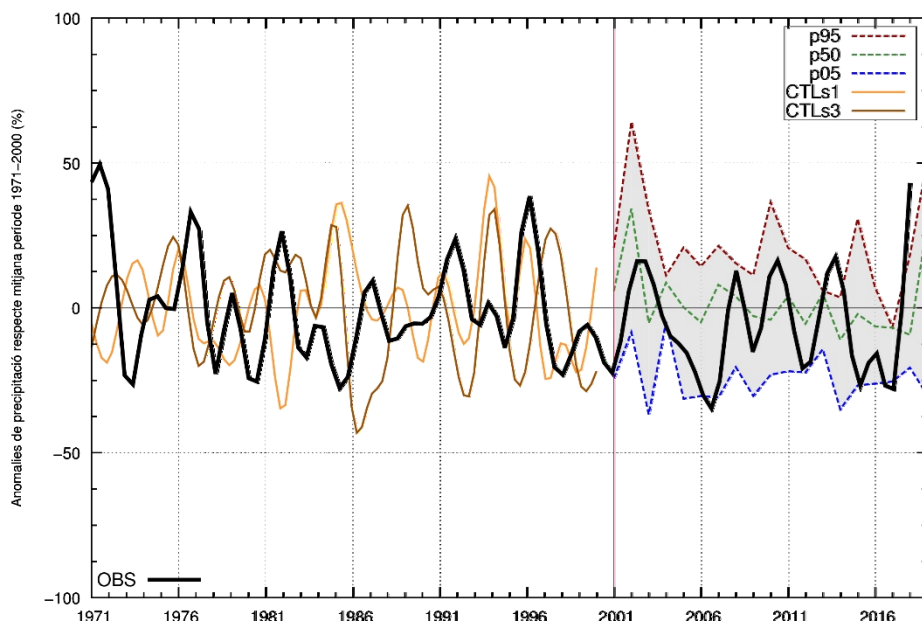


Temperatura mitjana anual

Variacions projectades dels valors mitjans anuals de temperatura (TM) i precipitació (PPT) per al període 2001-2018 respecte del període 1971-2000 per a Catalunya (CAT) i les zones pirinenca (PIR), interior (INT), litoral i prelitoral (LIT)

| Estació | Zona | Dades | TM | PPT |
|---------|------|-------|----------------|--------------|
| Anual | CAT | BAIC | +0,9 °C | -5,1% |
| | | p05 | +0,4 °C | -9,8% |
| | | p50 | +0,5 °C | -4,7% |
| | | p95 | +0,8 °C | +5,8% |
| Anual | PIR | BAIC | +0,9 °C | -4,7% |
| | | p05 | +0,5 °C | -8,6% |
| | | p50 | +0,5 °C | -4,9% |
| | | p95 | +0,9 °C | +3,3% |
| Anual | INT | BAIC | +0,9 °C | -4,5% |
| | | p05 | +0,4 °C | -8,1% |
| | | p50 | +0,4 °C | -3,5% |
| | | p95 | +0,8 °C | +10,2% |
| Anual | LIT | BAIC | +1,0 °C | -5,7% |
| | | p05 | +0,4 °C | -6,0% |
| | | p50 | +0,5 °C | +3,2% |
| | | p95 | +0,7 °C | +17,2% |

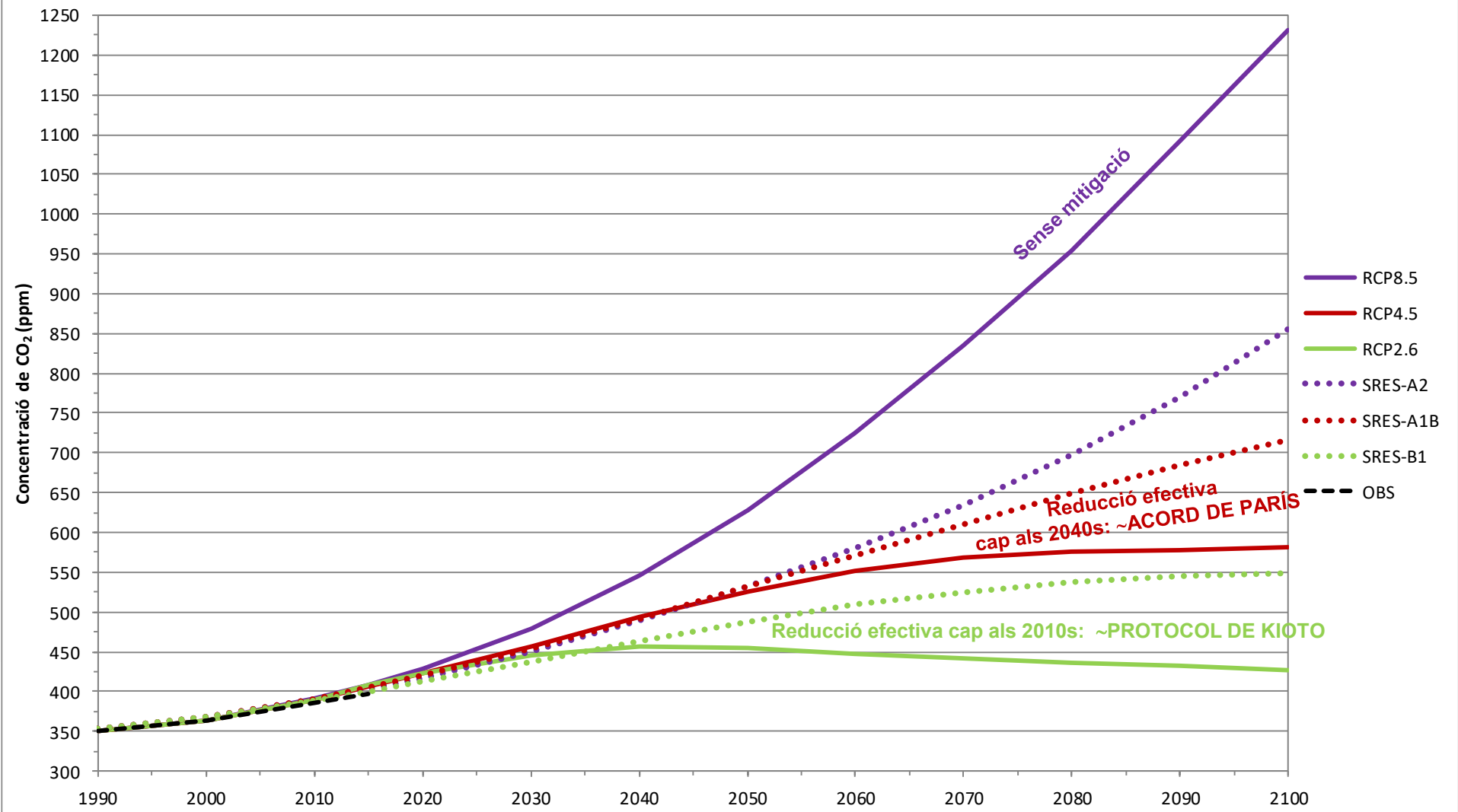
Evolució temporal projectada de les anomalies mitjanes anuals de PPT (%) a Catalunya (1971-2018)



Precipitació mitjana anual

Els escenaris de canvi climàtic

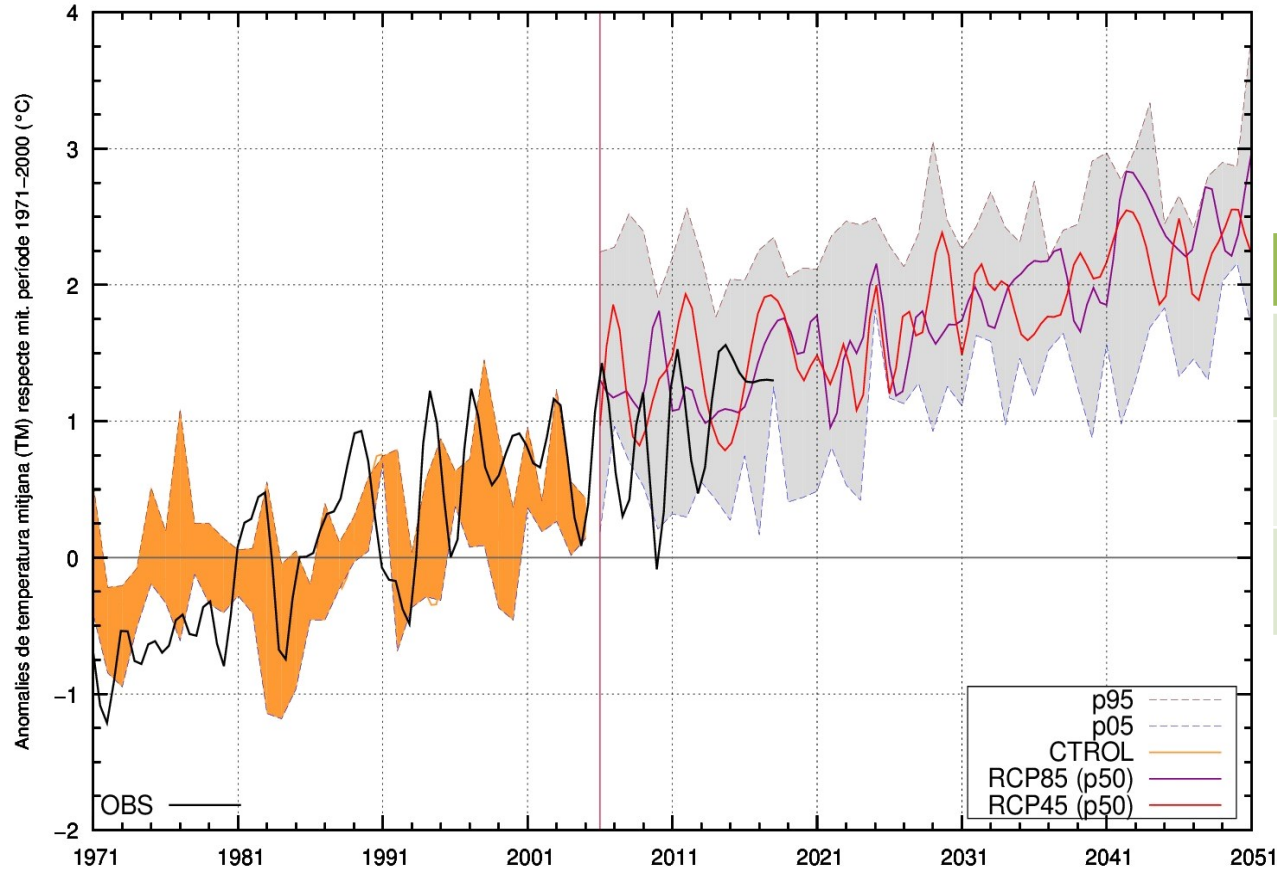
Evolució temporal (1990-2100) de la concentració de CO₂ (ppm) a l'atmosfera segons els escenaris RCP (2005) i SRES (2000)



RESULTATS: projeccions a 2050

Temperatura mitjana (TM) anual a CATALUNYA - 1971-2050

Evolució temporal projectada de les anomalies mitjanes anuals de TM (°C) a Catalunya (1971-2050)



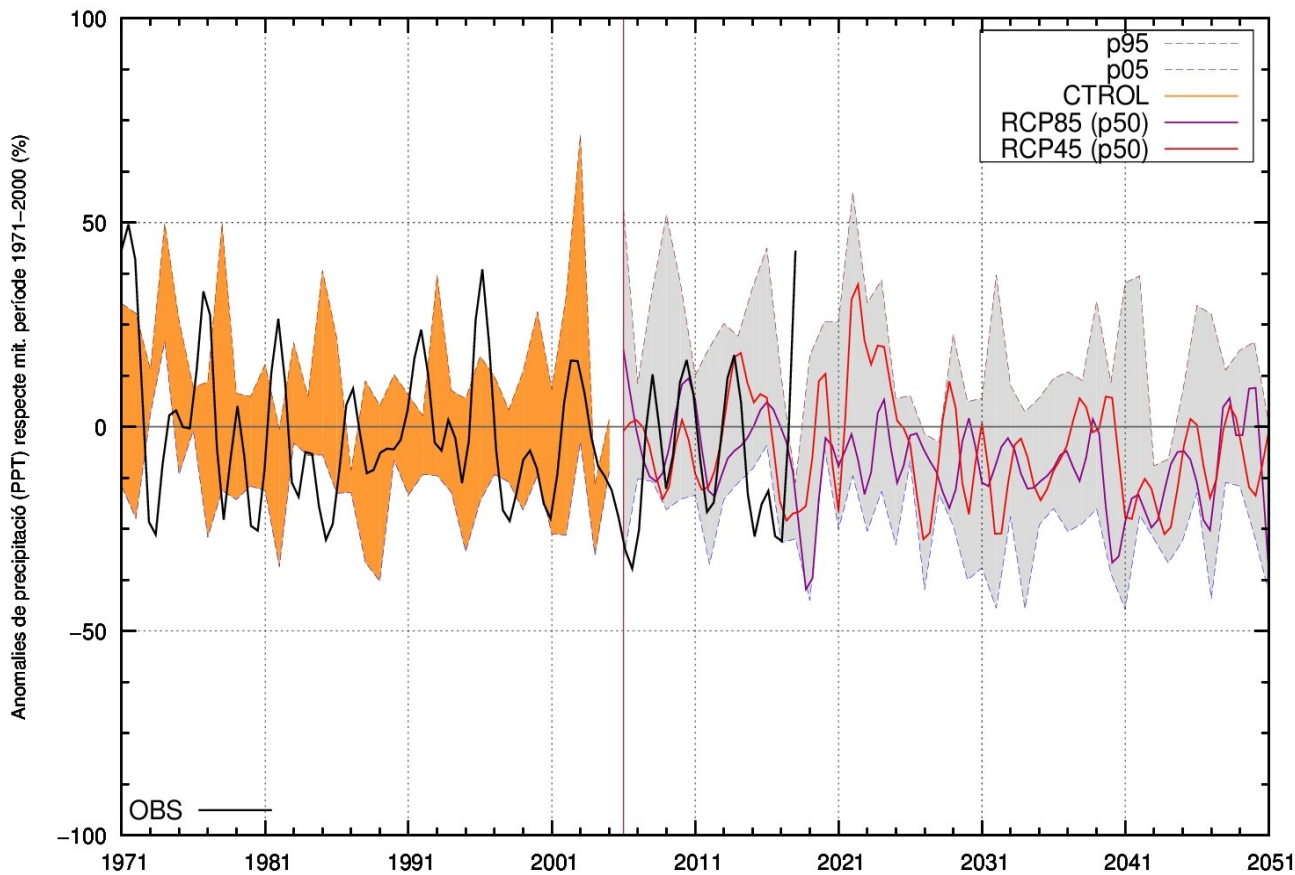
Variació projectada 2021-2050 (respecte 1971-2000)

| | RCP 4,5 | RCP 8,5 |
|---------|----------------------|-----------------------|
| TM (°C) | +2,1 [+0,7;+3,9] | +2,1 [+0,9;+3,7] |
| TX (°C) | +2,2 [+0,5; +4,5] | +2,4 [+0,7 ; +4,3] |
| TN (°C) | +1,9 [+0,7;+3,5] | +1,9 [+0,8 ; +3,4] |

RESULTATS: projeccions a 2050

Precipitació mitjana (PPT) anual a CATALUNYA - 1971-2050

Evolució temporal projectada de les anomalies mitjanes anuals de PPT (%) a Catalunya (1971-2050)

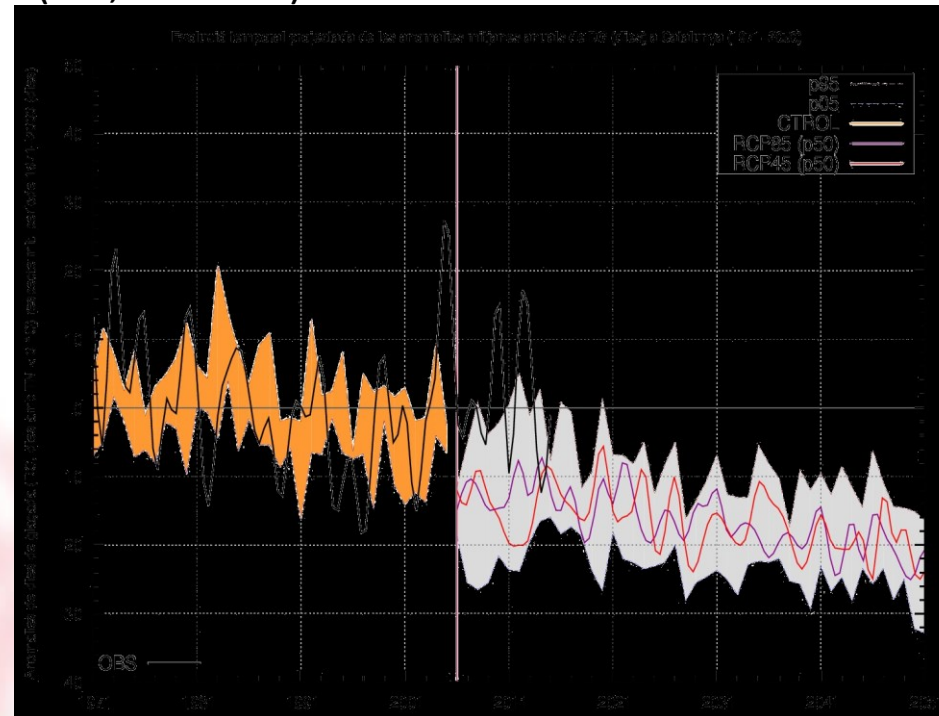
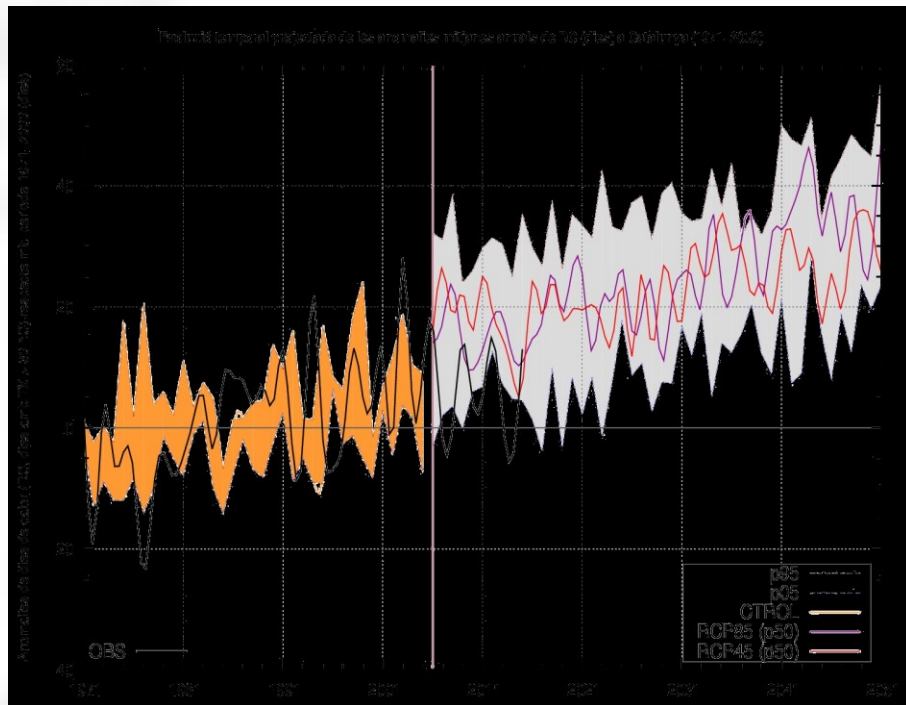


Variació projectada 2021-2050 (respecte 1971-2000)

| | RCP 4,5 | RCP 8,5 |
|-------|---------------------|----------------------|
| Anual | -5,3 [-16 / +8] | -9,4 [-20 / -2] |
| HIV | -5,9 [-23 / +16] | -3,9 [-18 / +12] |
| PRI | -2,8 [-17 / +10] | -2,1 [-11 ; +12] |
| EST | -18,7 [-38 / +6] | -25,8 [-46 ; -11] |
| TAR | -5,7 [-23 / +10] | -12,4 [-31 / +9] |

RESULTATS: projeccions a 2050

Dies de Calor (DC, $T_X \geq 30\text{ }^\circ\text{C}$) i Dies de Glaçada (DG, $T_N < 0\text{ }^\circ\text{C}$) anuals CATALUNYA

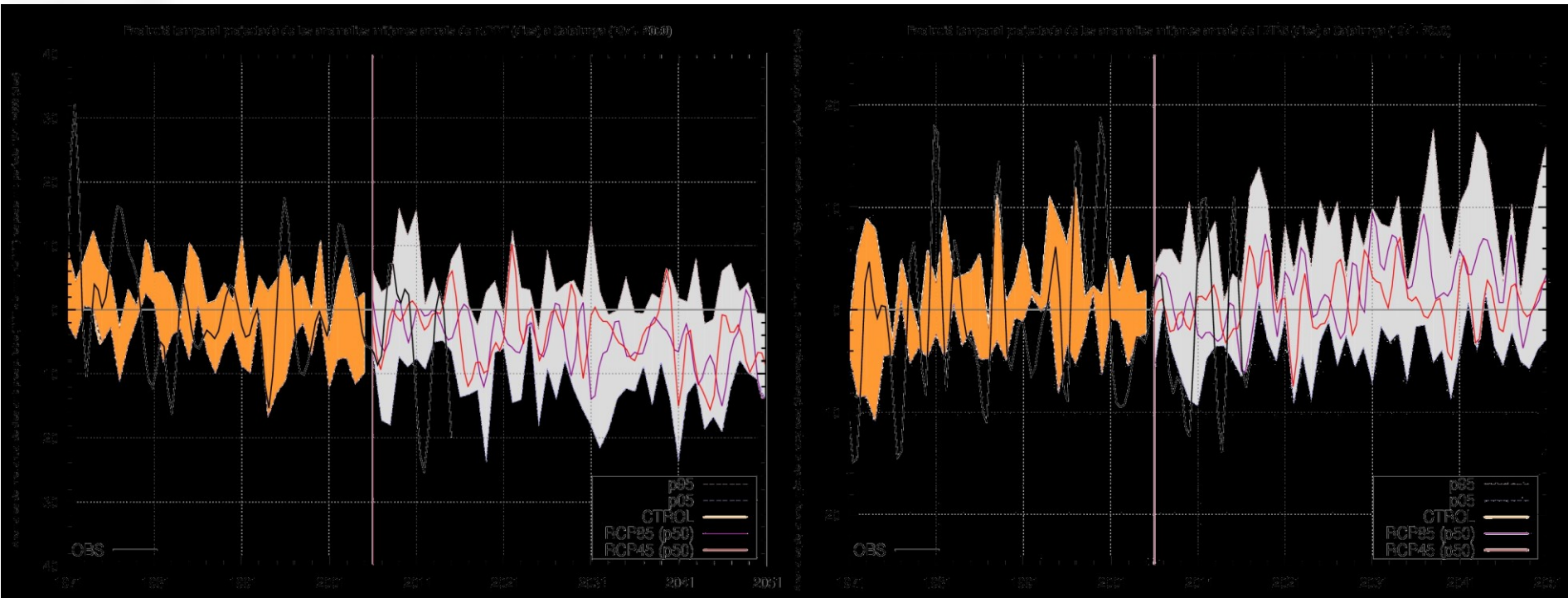


**Variació projectada 2021-2050 (dies)
(respecte 1971-2000)**

| | RCP 4,5 | RCP 8,5 |
|-----------------|------------------------|------------------------|
| Dies de calor | +27 dies [-2 / +54] | +29 dies [0 / +56] |
| Dies de glaçada | -18 dies [-74 / +7] | -18 dies [-73 / +8] |
| Nits tropicals | +9 nits [-2 / +58] | +10 nits [-1 / +59] |

RESULTATS: projeccions a 2050

Dies amb PPT feble (n5PPT, PPT < 5 mm) i Longitud Màxima de la Ratxa Seca (LMRS, PPT < 1 mm) anuals CATALUNYA

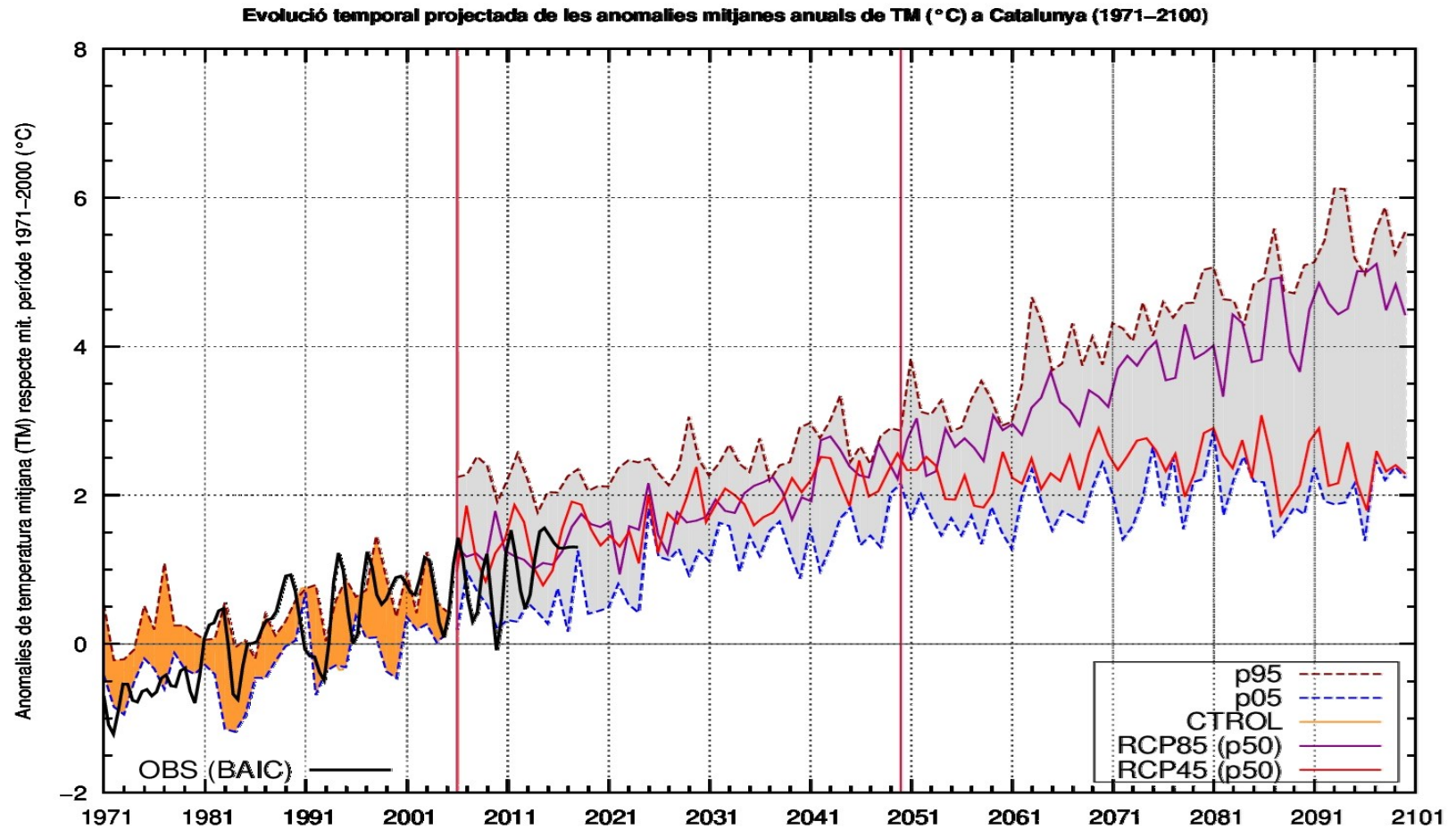


**Variació projectada 2021-2050 (dies)
(respecte 1971-2000)**

| | RCP 4,5 | RCP 8,5 |
|--------|-----------------------|-----------------------|
| n5PPT | -4 dies [-9 / +2] | -6 dies [-12 / +1] |
| n50PPT | + 0 dies [-1 / +1] | +0 dies [-1 / +1] |
| LMRS | +1 dia [-6 / +9] | +3 dies [-4 / +13] |

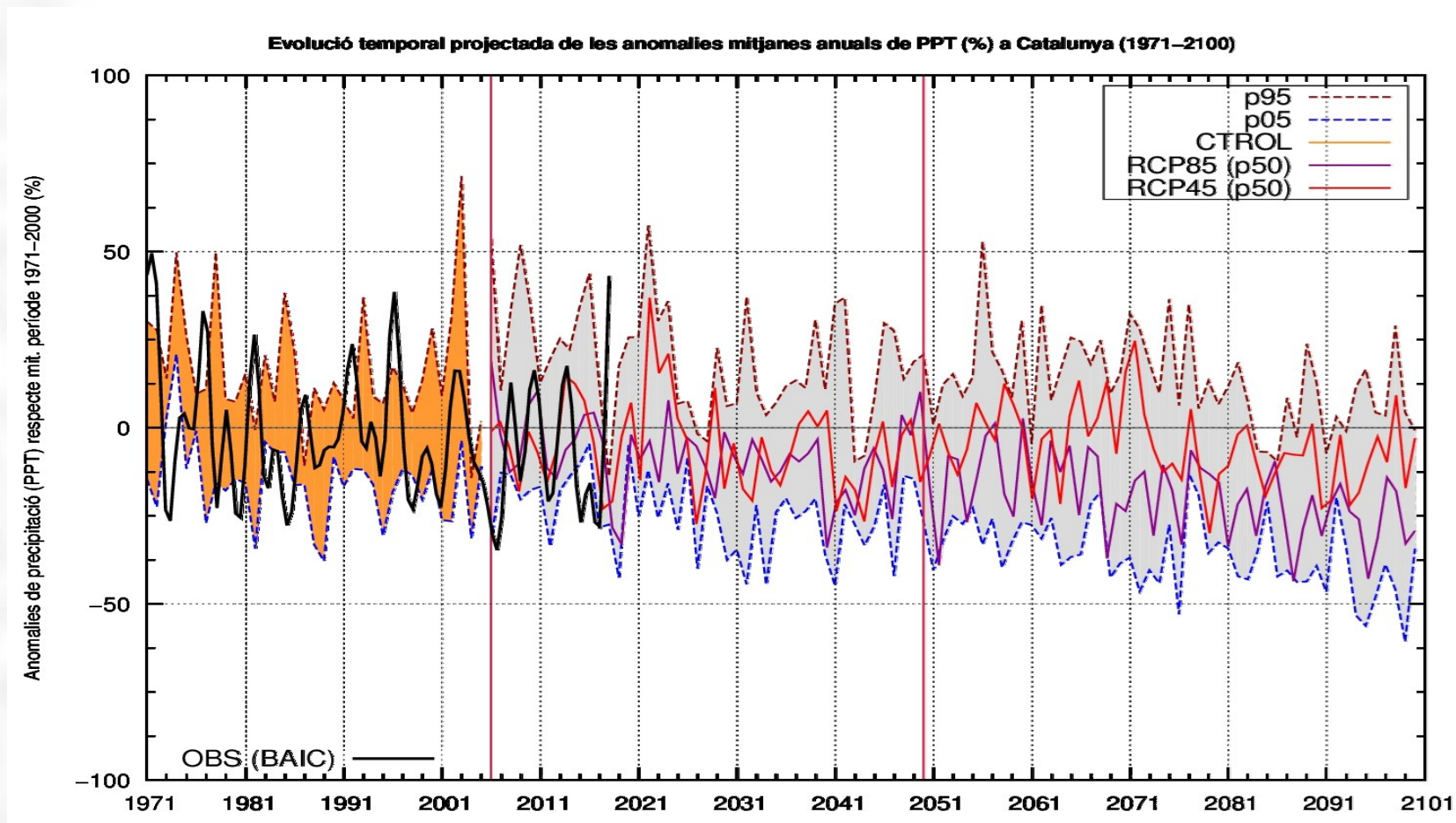
3. LES NOVES PROJECCIONS – RESULTATS: projeccions a 2100

Temperatura mitjana (TM) anual CATALUNYA – 1971-2100



RESULTATS: projeccions a 2050

Precipitació (PPT) mitjana anual CATALUNYA – 1971-2100



ACCÉS A LES DADES

Accés als informes tècnics sobre projeccions climàtiques:

<https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima-dema/les-projeccions-climatiques-a-lsmc>

<https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima-dema/projeccions-de-temperatura-1971-2050/>

<https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima-dema/projeccions-de-precipitacio-1971-2050/>

Petició de dades:

dades.meteocat@gencat.cat