

PRECIPITACIÓ A LES BALEARS DURANT EL SEGLE XXI

Víctor Homar, Romualdo Romero, Climent Ramis i Sergio Alonso

victor.homar@uib.cat

Grup de Meteorologia. Departament de Física. Universitat de les Illes Balears.

Resum

El disseny d'estratègies per a l'adaptació al canvi climàtic requereix d'un coneixement precís de l'evolució futura de les variables climàtiques més influents com la temperatura i la precipitació. A partir d'aquests paràmetres fonamentals, equips de recerca pluridisciplinaris poden estimar els impactes i el grau de vulnerabilitat de la societat i l'entorn natural davant el canvi climàtic. La freqüència i intensitat de sequeres, onades de calor o episodis de pluges torrencials en són un exemple clar pel Mediterrani Occidental, i les Balears en concret. El Govern de les Illes Balears, a través de l'Observatori del Clima de les Illes Balears (OCLIB), ha impulsat la realització d'estudis emmarcats en aquest context. En aquest treball presentam els resultats de dues metodologies per a avaluar en clau regional les prediccions globals de precipitació recollides en el 4rt informe del IPCC. Per una banda, analitzam les prediccions directes dels models globals -de baixa resolució- per a les Balears. Per una altra, estudiam els resultats de treballs de regionalització dinàmica i estadística de diversos grups de recerca espanyols. En el context de canvi, els resultats per a temperatura indiquen que, tot i que ambdues metodologies infraestimen l'augment mitjà de les temperatures durant el darrer quart del segle XX, es produirà un augment significatiu de les temperatures màximes i mínimes d'entre 2 i 7°C, amb un impacte desigual per illes. Pel que fa a la precipitació, la variabilitat de prediccions és major, amb predomini dels escenaris que indiquen reducció de la precipitació anual a les Balears, tendència ja observada durant la segona meitat del segle XX. A més, l'hivern, primavera i estiu mostren les disminucions més clares durant el segle, sent els mesos plujosos de tardor els de predicció més incerta. Això ens condueix cap a un escenari amb major probabilitat de sequeres, degut a una pèrdua significativa de precipitació durant els mesos ja actualment més secs.

1. Introducció

Una de les claus per a la presa de decisions enfront del canvi climàtic per part dels governs és la informació regional respecte als impactes que aquest causarà durant les properes dècades. El ventall d'impactes a que és vulnerable una comunitat pot analitzar-se quan es coneixen amb precisió les previsions de paràmetres causals directes com la precipitació o la temperatura. A les Illes Balears, la gestió dels recursos hídrics és un punt clau en l'adaptació degut a la gran dependència a les reserves embassades i l'alt impacte que causen períodes perllongats de sequera. La comunitat científica internacional s'ha organitzat per a generar prediccions climàtiques globals coordinades i avaluades en el 4rt informe elaborat pel Panell intergovernamental sobre el canvi climàtic (AR4 IPCC 2007). Igual que qualsevol altra predicció atmosfèrica, la predicció climàtica conté incerteses que tenen orígens diversos. En primer lloc, la composició atmosfèrica al llarg del segle XX és incerta en tant en quant depèn de les emissions que l'home produeixi durant les properes dècades. A més, són desconeguts avui en dia alguns processos atmosfèrics reguladors del clima.

Les incerteses associades a la l'evolució del clima motiven el tractament probabilista dels escenaris climàtics previstos. Així doncs, la predicció futura del clima no s'expressa de manera determinista sinó en mode probabilista a partir d'un conjunt de prediccions que exploren l'espai d'incerteses que acompanyen la predicció. Una de les components d'incertesa més ben estudiada fa referència a les emissions que s'alliberaran a l'atmosfera durant el segle XXI i que s'organitzen en funció de factors socioeconòmics i models de desenvolupament. En aquest treball hem utilitzat resultats de models que assumeixen 3 escenaris diferents d'emissions del *Special Report on Emission Scenarios (SRES)*: alt (A2), mig (A1B) i finalment un de baix (B1). La Taula 1 il·lustra el número de models emprats en aquest treball per a cada escenari.

Aquestes previsions globals cobreixen íntegrament el planeta però els manquen encara elements determinants del clima regional -com característiques topogràfiques d'alta resolució- per a fer les seves prediccions directament utilitzables per a aplicacions locals i anàlisis fiables d'impactes. És per això que es fa necessari incorporar a les prediccions dels models globals les especificitats regionals que no incorporen. Aquest és l'objectiu de la regionalització de previsions climàtiques i la generació d'escenaris regionals, que permetin estimar aspectes concrets d'especial interès com la freqüència i intensitat de les sequeres durant els segle XXI.

En aquest treball analitzam les prediccions de precipitació per a les Balears i en destacam els aspectes més rellevants en l'estudi de les sequeres, emprant dos mètodes distints: sortides directes dels models del clima i resultats de treballs de regionalització dinàmica i estadística coordinats dins el *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)*. Així mateix, revisam aquí també les previsions de temperatura com a ingredient també determinant en la intensificació de l'impacte d'episodis de sequera perllongats.

2. Metodologia

2a. A partir dels models globals de simulació del clima

Els models globals són la millor eina disponible per a l'estudi del canvi climàtic futur. Contenen una representació sofisticada dels processos físics, químics i biològics influents sobre el sistema climàtic i de les seves complexes interaccions. Aquests models realitzen simulacions de "control" del segle XX, i simulacions "futures" del segle XXI sota un ventall d'escenaris d'emissions de gasos d'efecte hivernacle i aerosols. No capturen completament els efectes locals i regionals del clima degut a la seva baixa resolució espacial, que n'és la màxima assumible avui en dia per la capacitat computacional

disponible. Els tres escenaris d'emissions emprats en aquest treball defineixen diferents evolucions per a les concentracions de gasos d'efecte hivernacle i aerosols en funció dels factors socioeconòmics i els models de desenvolupament mundial. Aquí hem considerat simulacions climàtiques de més de vint models diferents (Taula 1) forçades amb un escenari d'emissions alt (A2), un altre mig (A1B) i finalment un de baix (B1) .

En primer lloc, s'han analitzat les simulacions climàtiques de temperatura obtingudes sobre les Illes Balears a nivell anual i estacional. Les simulacions corresponents al segle XX s'han comparat amb les observacions que hi ha disponibles per al període 1976-2006.

2b. A partir dels primers projectes de regionalització dinàmica i estadística del PNACC

Si bé el canvi climàtic és un problema de causes i conseqüències globals, els seus impactes es manifesten localment. Com ja s'ha comentat, la baixa resolució dels models globals no permet resoldre el clima local. Aquest problema és especialment greu per casos tan singulars com són les illes petites del nostre territori. Per tant, es fa necessària una regionalització dels resultats dels models globals. Això s'aconsegueix mitjançant dos tipus de tècniques: les dinàmiques i les estadístiques.

Les regionalitzacions dinàmiques consisteixen en niar un model d'àrea limitada de major resolució (p.e. 50 km) dins models climàtics globals. És una tècnica costosa que avui en dia no permet altes resolucions, ni llargs períodes de simulació, ni un nombre significatiu de models globals i escenaris d'emissions. Per aquest treball es disposa de les dades del projecte europeu PRUDENCE, en el qual una desena de models regionals es van niar, gairebé tots dins un únic model global, i es va simular un període de "control" (1961-1990) i un període futur (2071-2100), incorporant els escenaris d'emissions A2 (alt) i B2 (baix).

En canvi, les tècniques estadístiques utilitzen la connexió estadística existent entre els "predictors" (paràmetres de gran escala, previstos pel model climàtic) i els "predictands" (paràmetres locals; p.e. precipitació a un lloc particular). Aquestes relacions estadístiques es dedueixen a partir del clima present observat i s'apliquen als resultats dels models climàtics globals, que fan de predictors. És una tècnica poc costosa computacionalment i que té en compte els efectes locals ja que incorpora informació de variabilitat al nivell de localitats particulars. No obstant això, la regionalització estadística presenta el problema d'estar fonamentada en algorismes empírics més que en la Física del Clima. Això planteja certs interrogants, tals com "I si les relacions estadístiques del present no són vàlides en el futur?" Per a aquest treball es disposa de les dades de tres mètodes estadístics que s'han aplicat a tres models globals diferents

sota els escenaris A2 (alt) i B2 (baix), considerant els períodes 1961-1990 i 2011-2100: el mètode d'anàlegs de la FIC (Fundación para la Investigación del Clima), el mètode d'anàlegs de l'INM (Instituto Nacional del Meteorología, actualment AEMET) i el mètode de regressió lineal SDSM (també de l'INM).

S'han analitzat les regionalitzacions de la precipitació, així com de les temperatures màxima i mínima, obtingudes sobre Mallorca, Menorca i Eivissa-Formentera a nivell anual. S'han analitzat també les sèries estacionals per a estimar amb major detall els efectes del canvi climàtic sobre la freqüència i intensitat d'episodis de sequera. Els resultats de precipitació corresponents al període de control 1961-1990 s'han comparat amb les observacions que hi ha disponibles durant el període 1951-2006 (1976-2006 pel cas de les temperatures).

3. Resultats i conclusions

La Figura 1 mostra els resultats de l'estudi per a les temperatura anual segons el mètode 2a. Els trets més notables d'aquests resultats són:

- Els models globals capturen l'acceleració de l'escalfament enregistrat durant les darreres dècades del segle XX, però infraestimen apreciablement les tendències observades.
- S'obté un increment significatiu de les temperatures anuals i estacionals durant el segle XXI per a tots els escenaris d'emissions analitzats. Per a l'escenari alt (A2) aquest increment és el doble que per a l'escenari baix (B1).

Pel que fa a les sèries particularitzades per estacions de l'any (no mostrades), els models climàtics indiquen un increment de les temperatures major a l'estiu i la tardor que a l'hivern i la primavera. Fins ara les observacions demostren un increment ha estat major a l'estiu i la primavera.

En segon lloc, s'han analitzat les simulacions climàtiques de precipitació obtingudes sobre les Illes Balears a nivell anual (Figura 2). Les simulacions corresponents al segle XX s'han comparat amb les observacions que hi ha disponibles per al període 1951-2006. Les principals conclusions són:

- Els models globals simulen una pèrdua progressiva de la precipitació durant el segle XX. Les observacions disponibles han demostrat una gran variabilitat interanual de les precipitacions però amb una tendència clara cap a una disminució dels valors anuals i estacionals que supera les simulacions.
- Segons els models climàtics la pèrdua en la precipitació es manté i fins i tot s'accentua durant el segle XXI, en proporció al nivell d'emissions de gasos. Per a un escenari alt (A2), el ritme de pèrdua de precipitació és comparable al ja

observat durant la darrera meitat del segle XX.

Les series estacionals (no mostrades) revelen que els models climàtics simulen una disminució de les precipitacions major a l'estiu i la primavera que a l'hivern i la tardor, mentre que fins ara les observacions han demostrat que aquesta disminució ha estat major a l'hivern i la tardor.

Aquestes tendències suposarien una major freqüència de sequeres, no només degut a una disminució en les pluviometries anuals sinó degut a una major disminució de les precipitacions de primavera i estiu, que no aconseguiria equilibrar el balanços hídrics locals durant les també minvades estacions de tardor i hivern.

Pel que fa als resultats dels treballs de regionalització, la Figura 3 mostra les series obtengudes per a la temperatura màxima a Mallorca. Les conclusions més rellevants dels resultats de la regionalització de les temperatures màximes a les tres illes i per estacions de l'any són:

- Excepte a la tardor, durant el període de control 1961-1990, les distintes regionalitzacions infraestimen els forts augments de temperatura màxima observats.
- Tant els mètodes dinàmics com estadístics projecten un increment significatiu de les temperatures màximes anuals i estacionals durant el segle XXI, especialment per a l'escenari alt (A2), que dona ritmes d'escalfament comparables als ja observats.
- En general, les regionalitzacions indiquen un increment major de les temperatures màximes a l'estiu i la tardor, mentre que les observacions mostren que l'escalfament de les darreres dècades ha estat major a la primavera i l'estiu.
- Els augments de temperatura són majors a Mallorca que a Menorca i les Pitïuses, provocant una major severitat dels episodis de sequera a la illa major.

Pel que fa a les temperatures mínimes, les series anuals de Mallorca es mostren a la Figura 4 i les principals conclusions extretes per a les diferents illes i estacions de l'any són:

- Durant el període de control 1961-1990, les regionalitzacions infraestimen els forts augments de temperatura mínima observats.
- Tant els mètodes dinàmics com estadístics projecten un increment significatiu de les temperatures mínimes anuals i estacionals durant el segle XXI, especialment per a l'escenari alt (A2), que dona ritmes d'escalfament comparables als observats.
- Les regionalitzacions indiquen un increment major de les temperatures mínimes a l'estiu i la tardor, mentre que les observacions mostren que l'escalfament de les

darreres dècades ha estat major a la primavera i l'estiu.

- En general, els augments de temperatura són majors a Mallorca que a les illes petites.
- Les regionalitzacions projecten uns increments de les temperatures mínimes inferiors als de les màximes.

Pel que fa a la precipitació, la Figura 5 mostra les sèries d'acumulacions anuals previstes per Mallorca. Les principals conclusions per a la precipitació per illes i estacions són:

- S'observa una gran variabilitat entre els resultats de les regionalitzacions, amb tendències positives i negatives, que reflexen la gran influència que tenen les incerteses dels sistemes de predicció sobre la precipitació. No obstant això, en general dominen les pèrdues de precipitació, especialment en les sèries més llargues (més fiables) dels mètodes estadístics.
- Els canvis de precipitació són majors per a l'escenari alt (A2) que per a l'escenari baix (B2), amb pèrdues comparables a les observades durant les darreres dècades del segle XX.
- Atenent als mètodes estadístics, la disminució de la precipitació és major a la primavera, estiu i tardor que a l'hivern. En canvi, les observacions mostren que la major disminució fins ara s'ha concentrat a l'hivern i la tardor.
- Les regionalitzacions indiquen unes pèrdues de precipitació majors a les Pitiüses que a les altres illes, al contrari que les observacions.

Aquests resultats, tot i les notables variacions obtengudes entre models i escenaris considerats, apunten cap a un clima amb pluviometries anuals mitjanes més baixes (fins a un 32% menors). Aquesta tendència ja indica per sí mateixa un desplaçament cap a un clima més àrid en tant en quant la contribució pluviomètrica al balanç hídric es veu reduïda. Per altra banda, les previsions indiquen un augment en l'estacionalització de les precipitacions en mostrar majors disminucions durant la primavera i l'estiu que la tardor i l'hivern, accentuant la presència de l'època seca anual i minvant la pluviometria de l'època plujosa anual. Pel que fa a l'impacte de les sequeres degut a les altes temperatures, les previsions climàtiques n'indiquen una intensificació degut a un augment de les temperatures màximes anuals d'entre 2 i 4 °C anuals, especialment notable durant l'època seca estival.

L'anàlisi exhaustiva estadística que ens permeti caracteritzar quantitativament els períodes de sequera presents en els registres observats, i la seva posterior identificació i seguiment en les previsions futures és un treball que s'abordarà en el futur, a mesura que més projectes emmarcats en el PNACC obtenguin previsions regionals cada cop més precises i fiables.

Referències

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp

Taula 1. Nombre de models disponibles pel segle XX i pel segle XXI desglossat per escenaris d'emissions.

SIMULACIÓ	Temperatura	Precipitació
SEGLE XX	24	24
SRES A2	19	19
SRES A1B	23	23
SRES B1	21	20

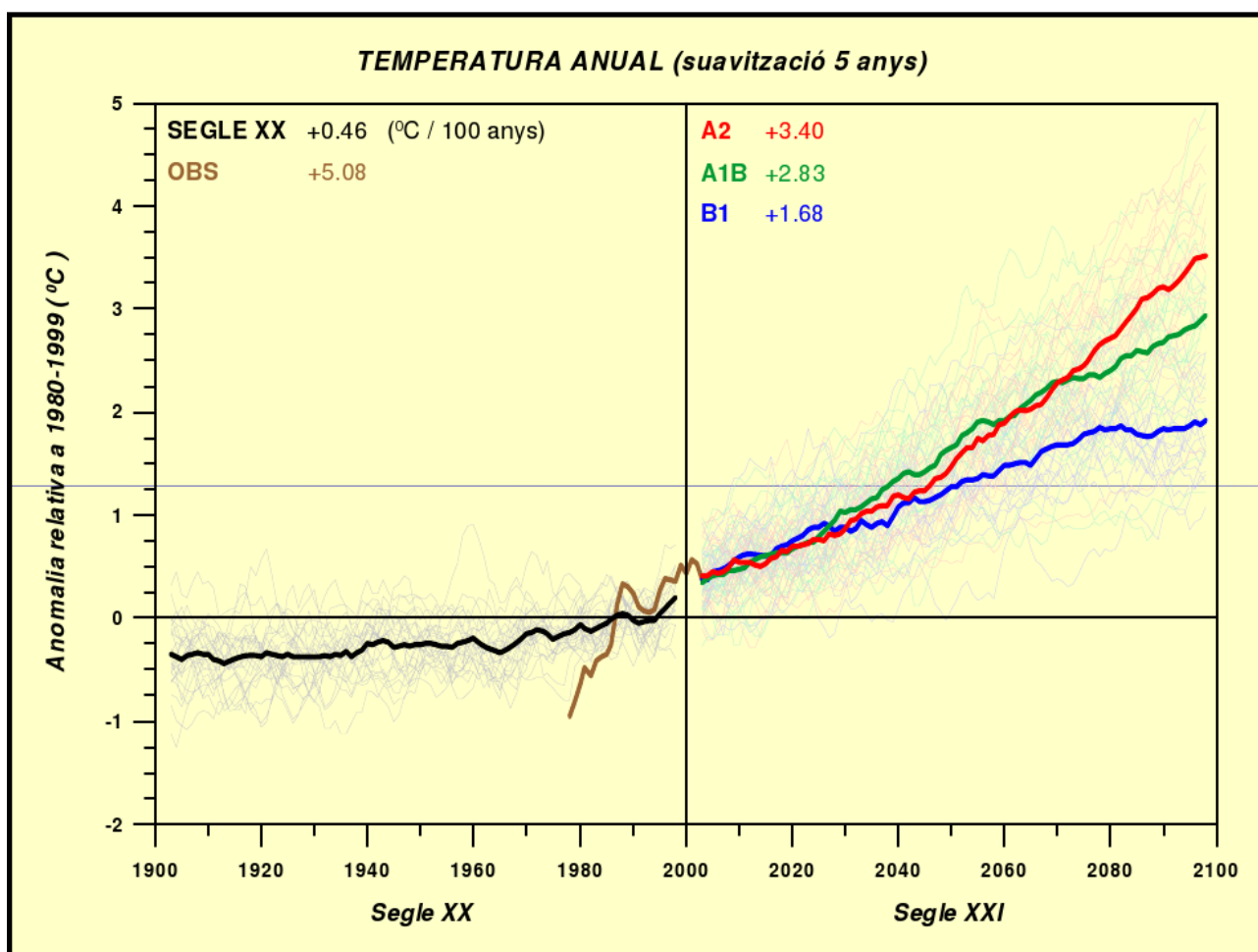


Figura 1. Temperatura mitjana anual per a Balears obtinguda pel mètode 2a. S'ha aplicat la mitjana mòbil de 5 anys per a eliminar les variacions d'alta freqüència.

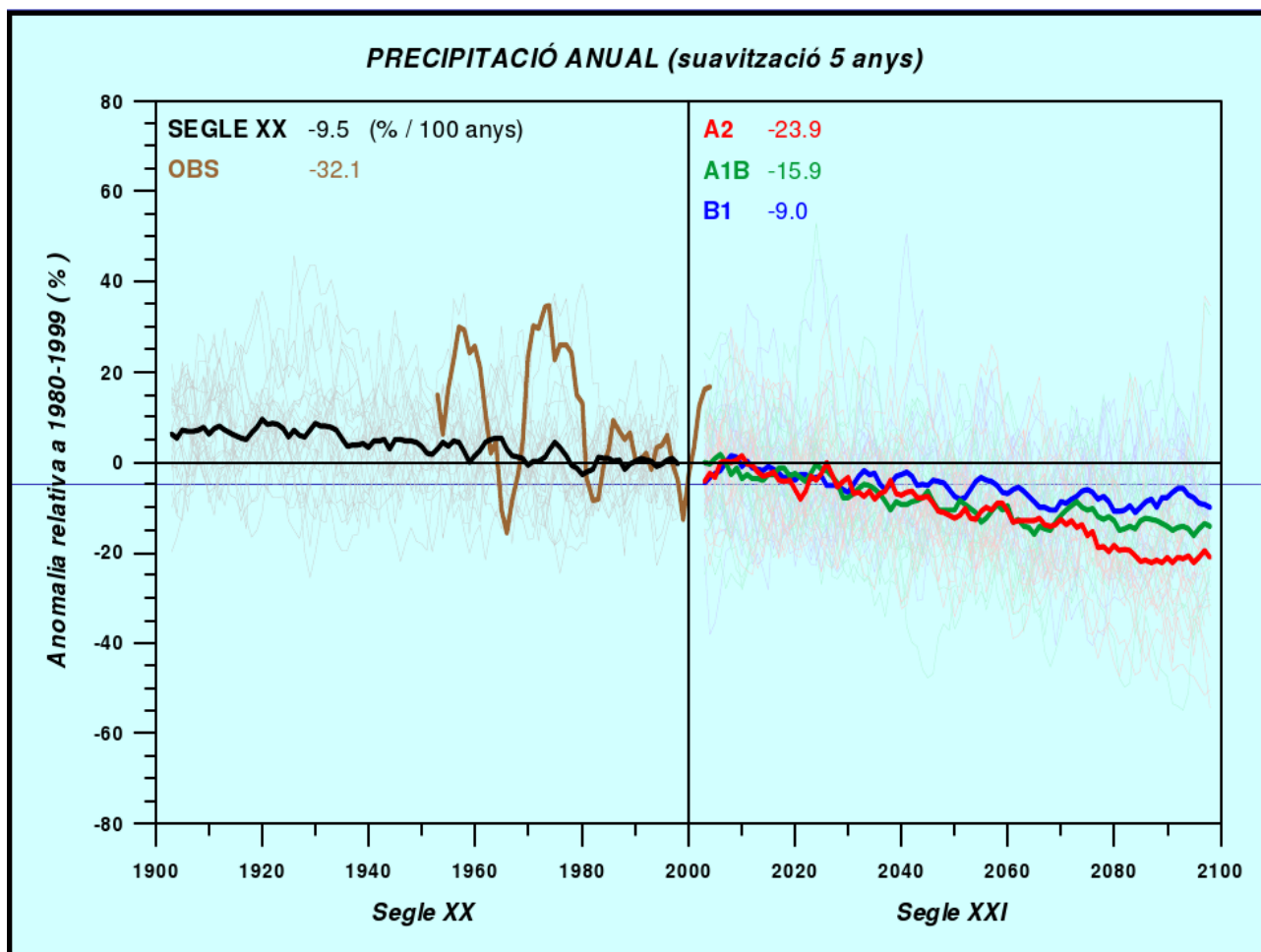


Figura 2. Precipitació acumulada anual mitjana per a Balears obtinguda pel mètode 2a. S'ha aplicat la mitjana mòbil de 5 anys per a eliminar les variacions d'alta freqüència.

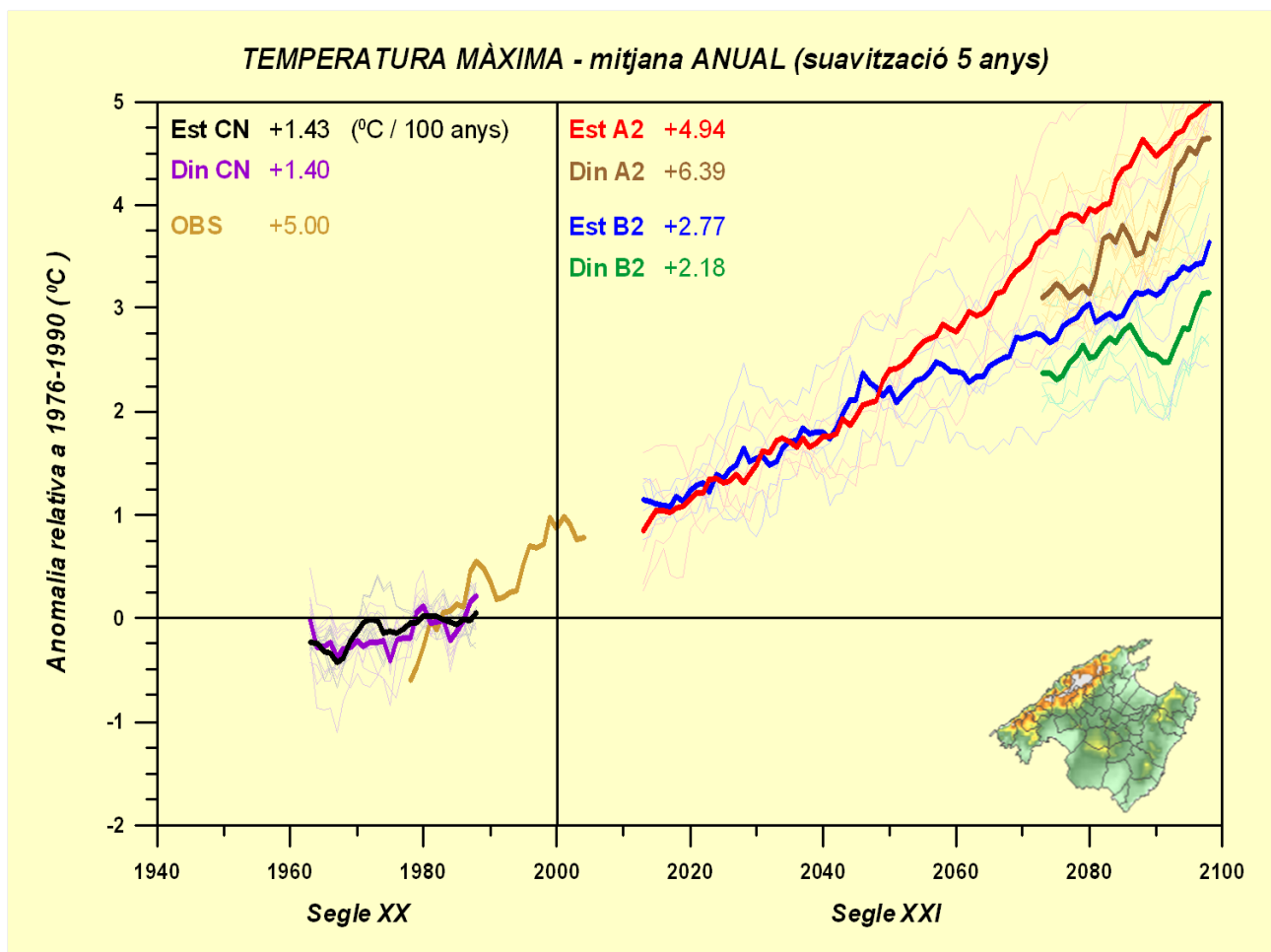


Figura 3. Temperatura màxima mitjana anual per a Mallorca obtinguda pel mètode 2b. S'ha aplicat la mitjana mòbil de 5 anys per a eliminar les variacions d'alta freqüència.

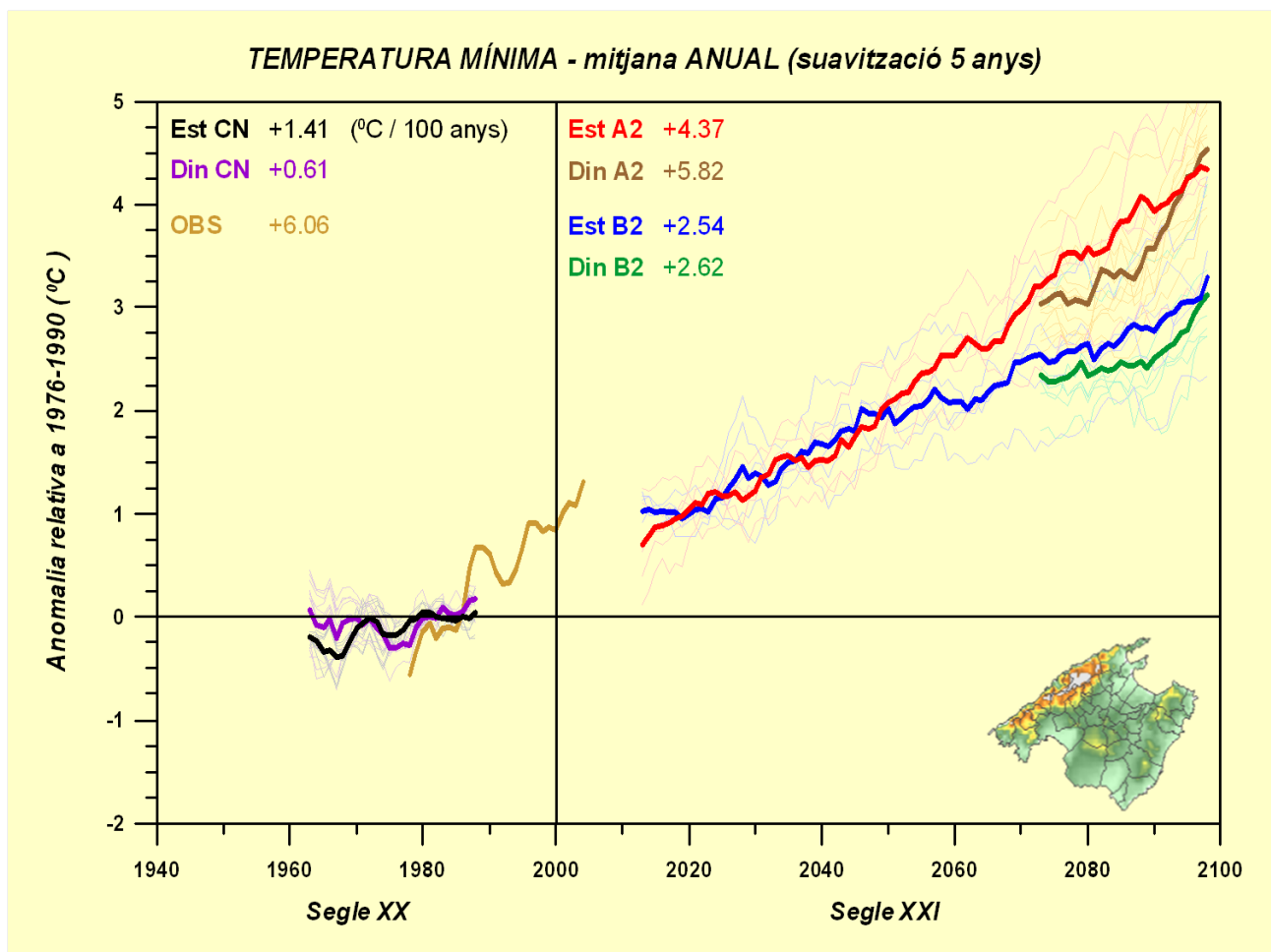


Figura 4. Com a la Figura 3 per a la Temperatura mínima.

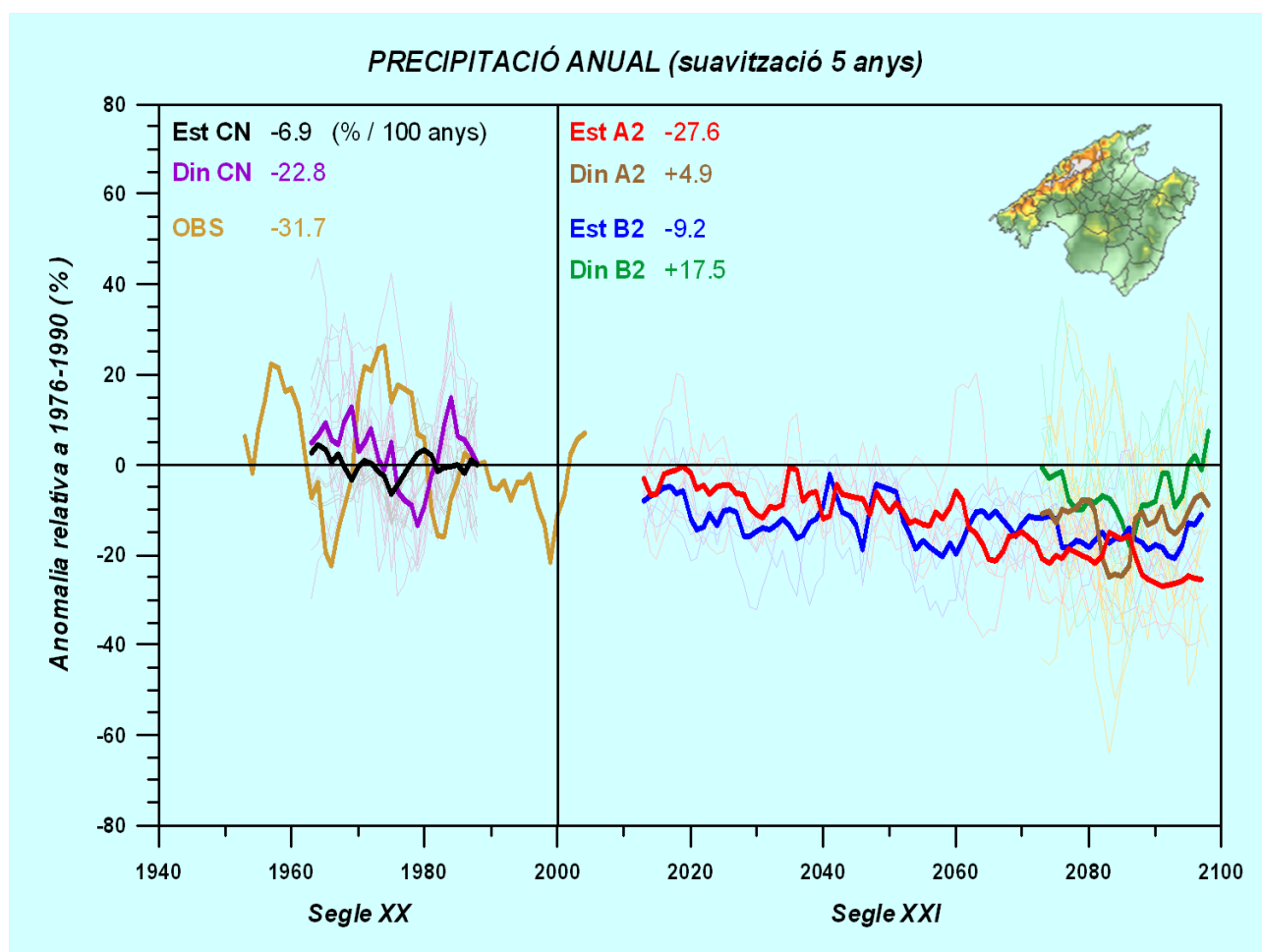


Figura 5. Precipitació acumulada anual mitjana per a Mallorca obtinguda pel mètode 2b. S'ha aplicat la mitjana mòbil de 5 anys per a eliminar les variacions d'alta freqüència.