



6. Projeccions regionals: d'Europa a la península Ibèrica

Josep Calbó
Universitat de Girona

Introducció, objectiu i metodologia

Hem vist en el capítol anterior que les projeccions a escala global efectuades mitjançant models de circulació general (o models més simples però ajustats a aquests models) quantifiquen l'augment de temperatura mitjana del planeta depenent de diversos escenaris d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle. Quan s'analitzen a escala continental, aquests models indiquen que l'augment al sud d'Europa pot ser més alt que el de la mitjana global. Les mateixes projeccions diuen que el reforçament del cicle hidrològic portarà a un augment global de la precipitació, però que aquest augment es distribuirà molt heterogèniament per la Terra, de manera que a la zona de la Mediterrània es podria produir un descens.

També hem vist que l'informe del GIECC té, lògicament, un enfocament global, en el sentit que presenta els resultats més significatius per al conjunt del planeta. En general, només disminueix l'escala de les anàlisis i les projeccions fins al que s'anomena «regional», i que de fet correspon a una escala subcontinental. De fet, també en el capítol anterior hem fet referència als resultats que es donen en aquesta escala, per a la regió que ens interessa (sud d'Europa i la Mediterrània). No obstant això, és evident que, per a l'objectiu d'aquest informe, aquesta escala és encara del tot insuficient. Així, en aquest capítol donarem resultats, pel que fa a projeccions climàtiques, per a zones de dimensions entre l'escala subcontinental i la de la península Ibèrica, aproximadament. D'aquesta manera, hom s'aproxima successivament cap a la zona d'interès, que correspon a Catalunya.

La metodologia seguida en aquest capítol es basa en la revisió bibliogràfica de treballs pertinents. D'aquesta manera, en primer lloc hi ha el capítol 11.3 del darrer informe del GIECC (Christensen *et al.*, 2007), que com hem comentat es refereix a la regió anomenada Europa i el Mediterrani (zona definida entre els paral·lels 30°N i 75°N i els meridians 10°W i 40°E). En aquest cas, hem tractat d'analitzar amb un cert detall algunes de les figures que es presenten, i també alguns resultats que es comenten, i que puguin ser aplicables a la zona euromediterrània més propera a nosaltres i, en particular, a la península Ibèrica. Tanmateix, també hem anat a buscar algunes de les fonts (articles científics) que es consideren en l'informe del GIECC, i hem estès la revisió bibliogràfica a diverses bases de dades de literatura científica. D'aquesta cerca bibliogràfica s'ha conclòs que la major part dels treballs publicats recentment (2005-2007) a l'entorn de les projeccions climàtiques a escala europea estan relacionats amb el projecte Prudence. Per això, en aquest capítol parlarem primer de la modelització regional en general i del projecte Prudence en particular, abans de passar a l'apartat de resultats.

Regionalització de les projeccions climàtiques. El projecte Prudence

Com hem comentat, els models globals són capaços de reproduir la resposta del sistema climàtic a un forçament (com ara el canvi de les concentracions de diversos gasos a l'atmosfera) i, per tant, es poden utilitzar per estimar quin pot ser el clima futur depenent de quin sigui el forçament. Això no obstant, també hem comentat que aquests models d'escala global treballen amb unes malles de càlcul on cada cel·la té unes dimensions característiques de 2-3° de latitud i longitud. D'aquesta manera, els models globals no inclouen una bona descripció de l'orografia, ni tampoc una bona definició de la línia de costa, almenys al nivell que cal quan ens interessem pel clima en àrees

regionals com ara Europa, la península Ibèrica o Catalunya. Una solució a aquest problema seria incrementar la resolució dels models globals, aspecte, però, que està limitat per la potència de càlcul disponible. Mentre els models d'abast global no siguin capaços de produir resultats correctes sobre una malla d'alta resolució (50 km o menys) en un temps raonable, serà necessària alguna tècnica de «regionalització» o de disminució d'escala (*downscaling*), és a dir, alguna metodologia per obtenir més detall espacial de les projeccions climàtiques. Hi ha diverses opcions, però cal remarcar que totes depenen d'alguna manera o altra dels resultats dels models globals, que són en realitat els que projecten l'evolució del clima cap al futur, mentre que els mètodes de regionalització «només» converteixen els resultats d'una escala gran a una escala inferior, de més detall.

Tal com es comenta en capítols anteriors, bàsicament hi ha dues tècniques de regionalització, i se n'utilitzen altres que són variacions o combinacions d'aquestes dues. La primera és la regionalització anomenada dinàmica, que consisteix en l'ús de models climàtics regionals (RCM) niats en models globals. La segona s'anomena regionalització estadística, i consisteix a utilitzar regressions estadístiques multivariables entre les variables climàtiques en un punt concret del territori i els valors que s'obtenen en una o més cel·les d'un model global. En alguns casos, les relacions no s'estableixen entre un punt i els valors d'una cel·la, sinó entre un punt i algun índex que recull informació sinòptica; corresponen, per tant, a diverses cel·les del model global. Aquests índexs sovint es refereixen al comportament d'algun patró sinòptic de baixa freqüència o a algun mecanisme de teleconnexió, com ara l'oscil·lació de l'Atlàntic Nord (NAO) o l'oscil·lació àrtica (AO), l'oscil·lació del Pacífic Sud vinculada al fenomen d'*El Niño* (ENSO), o l'oscil·lació de la Mediterrània Occidental (WeMO; López-Bustins *et al.*, 2007).

Així doncs, una determinada projecció climàtica d'abast regional serà el resultat de combinar: a) un escenari d'emissions; b) la sortida d'un model climàtic global forçat amb l'escenari d'emissions escollit, i c) una tècnica de regionalització. És, evident, doncs que el nombre de projeccions que es poden obtenir és molt elevat, i aquest és un dels motius que van justificar el desenvolupament del projecte Prudence.

Prudence («Prediction of regional scenarios and uncertainties for defining european climate change risks and effects», és a dir, «Predicció d'escenaris regionals i incerteses per definir riscos i efectes associats al canvi climàtic a Europa») és un projecte que va involucrar, entre el 2002 i el 2005, més de vint grups de recerca europeus, amb l'objectiu principal de proporcionar escenaris climàtics d'alta resolució, per a Europa i per al final del segle XXI, mitjançant metodologies de regionalització dinàmica, i explorar les incerteses d'aquestes projeccions (*prudence.dmi.dk*). La Unió Europea va finançar aquest projecte (i dos projectes més estretament vinculats amb aquest projecte, els projectes Stardex i Mice), que han esdevingut exemples per a altres projectes similars arreu del món, i un pas molt important en la recerca climàtica a Europa.

Específicament, el projecte va considerar quatre fonts d'incertesa: a) incertesa en el mostreig, en el sentit que el clima simulat s'estima com una mitjana sobre un nombre limitat d'anys (30); b) incertesa en els models regionals, per raó que els diversos RCM utilitzen diferents tècniques de solució numèrica de les equacions i diferents parametritzacions per representar els fenòmens d'una escala inferior a la malla de treball; c) incertesa en les emissions, a causa de l'elecció que s'ha de fer entre els diversos escenaris d'emissions, i d) incertesa en les condicions de contorn, perquè els diversos models globals també donen resultats (que s'utilitzaran com a contorns) diferents entre si.

Els experiments duts a terme a Prudence consistien en una simulació de «control» per representar el període 1961-1990 (que servia per avaluar la capacitat dels models per reproduir el clima, és a dir, per validar-los) i en una altra simulació d'un escenari futur corresponent al període 2071-2100, ambdues efectuades amb diversos models climàtics regionals. La majoria de les simulacions es van fer per a l'escenari A2 i utilitzant la sortida del model HadAM3H (només atmosfèric, resolució 150 km) per establir les condicions de contorn, de manera que es va poder avaluar detalladament les diferències entre els models regionals utilitzats. El model HadAM3H, al seu torn, es va inicialitzar amb les sortides del model global (acoblat atmosfera-oceà) HadCM3. També es van



fer altres simulacions amb l'escenari B2, i també emprant altres models globals (ECHAM4/OPYC3) o diverses execucions del mateix model global (Déqué *et al.*, 2005).

Els models regionals de clima utilitzats per Prudence van ser els següents:

- Hirham: DMI (Danish Meteorological Institute), Dinamarca
- Arpege: CNRM (MeteoFrance), França
- HadRM: HC (Hadley Centre, MetOffice), Regne Unit
- CHRm: ETH (Swiss Federal Institute of Technology), Suïssa
- CLM: GKSS (Institute for Coastal Research), Alemanya
- Remo: MPIM (Max Planck Institute for Meteorology), Alemanya
- RCO: SMHI (Rosby Centre, Swedish Meteorology and Hydrology Institute), Suècia
- Promes: UCM (Universidad Complutense de Madrid), Espanya
- RegCM: ICTP (International Centre for Theoretical Physics), Itàlia
- Racmo: KNMI (Royal Netherlands Meteorological Institute), Països Baixos

Tots aquests models es van executar amb resolucions a l'entorn dels 50 km, amb un cas una mica especial, el model Arpege, que de fet es tracta d'un model atmosfèric d'abast global que es va emprar amb alta resolució sobre la zona objecte de l'estudi. La zona sobre la qual es van aplicar aquests models és diferent per a cadascun, encara que en tots els casos cobreix tots els països d'Europa.

Resultats

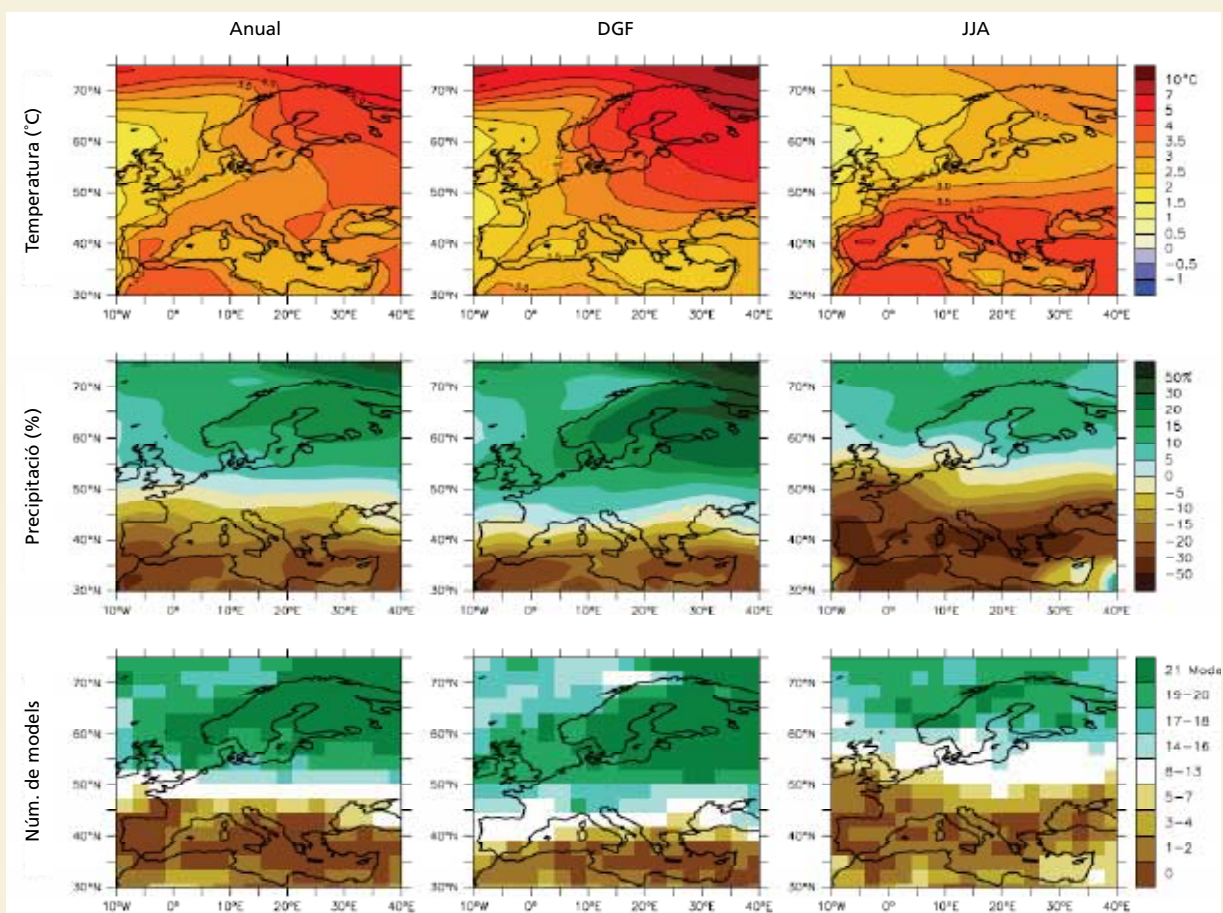
AR4 GIECC. Europa i el Mediterrani

La figura 1 mostra els canvis previstos de la temperatura i la precipitació, per a la regió Europa i Mediterrània, segons els resultats de 21 models globals, inclosos en el Programa de diagnòstic i intercomparació de models climàtics (PCMDI), els resultats del qual donen lloc al que s'anomena «multi-model data set» (MMD). Els resultats corresponen a un escenari d'emissions A1B, es donen per a finals de segle (2080-2099) amb relació a finals del segle passat (1980-1999) i es calculen com la mitjana de les variacions donades per tots els models. Es donen, igualment, per al període anual i també per als mesos d'estiu (juny, juliol i agost) i d'hivern (desembre, gener i febrer). Pel que fa a la temperatura, observem que, per a la península Ibèrica, la temperatura mitjana anual podria augmentar entre 2,5 i poc més de 3,5 °C. Aquesta és una estimació equivalent a la que es fa per al conjunt del globus i inferior a la de la resta d'Europa. Tot Catalunya es troba dins de la línia que delimita un augment entre 2,5 i 3 °C. Estacionalment, el comportament és ben diferenciat. A l'hivern, el patró s'assembla al de l'any sencer, amb augments a la península Ibèrica (i la Mediterrània en general) inferiors (2,5 °C) als de l'Europa nord-oriental. En canvi, a l'estiu, els augments de temperatura a la zona mediterrània són clarament superiors als de la resta del continent i assoleixen valors superiors als 4 °C per a bona part de la península Ibèrica.

Pel que fa a la precipitació, hi ha un marcat gradient latitudinal en la zona analitzada. D'aquesta manera, al sud de la Mediterrània (inclòs el sud de la península Ibèrica), el descens de la precipitació anual, a partir de la mitjana dels 21 models, pot ser superior al 20%. En canvi, al nord d'Europa es projecten augments de la mateixa magnitud. A Catalunya (sempre recordant que les estimacions parteixen de resultats de models globals i, per tant, de baixa resolució espacial), s'esperarien disminucions de la precipitació d'entre el 10% i el 15%, en base anual. Les diferències latitudinals es mantenen en les estacions considerades. A l'estiu, el descens de la precipitació

seria encara més notable a la península Ibèrica (de més del 30%, arribant fins i tot al 50%); en canvi, a l'hivern bona part de la península es trobaria en una zona de poc canvi (0 a -5%). Mentre que per a la temperatura el senyal de tots els models és coincident (indicant augments), cal comentar que per a la precipitació no succeeix el mateix, si més no en algunes àrees. Aleshores, per tal d'avaluar la robustesa de les projeccions de precipitació, s'afegeix també en la figura 1 una representació del nombre de models que indiquen variacions de precipitació en un mateix sentit. D'aquesta manera, veiem que en base anual (i també per a l'estiu) tots els models (excepte un màxim de quatre en algun punt molt concret) estan d'acord a indicar disminucions de precipitació al sud d'Europa, inclosa la península Ibèrica. En canvi, per a l'hivern hi ha aproximadament el mateix nombre de models que indiquen disminució i augment de precipitació i, per això, podem dir que per a aquesta estació el resultat és més incert.

Figura 1. Canvis de la temperatura (a dalt) i de la precipitació (al mig) a Europa, a partir de les simulacions de 21 models globals, per a l'escenari A1B. Diferències entre 2080-2099 i 1980-1999. D'esquerra a dreta, per la mitjana anual d'hivern i d'estiu. A baix, avaluació de la incertesa en la projecció dels canvis de precipitació, indicant el nombre de models que donen augment d'aquesta precipitació. [Font: Christensen et al., 2007].



Basant-se en el que es mostra en la figura 1, però també en molts altres resultats (per exemple, altres escenaris, o de ús de models regionals com ara els emprats en el projecte Prudence), l'informe del GIECC (Christensen et al., 2007) fa algunes afirmacions força clares amb relació als canvis que hom pot esperar per a Europa, la

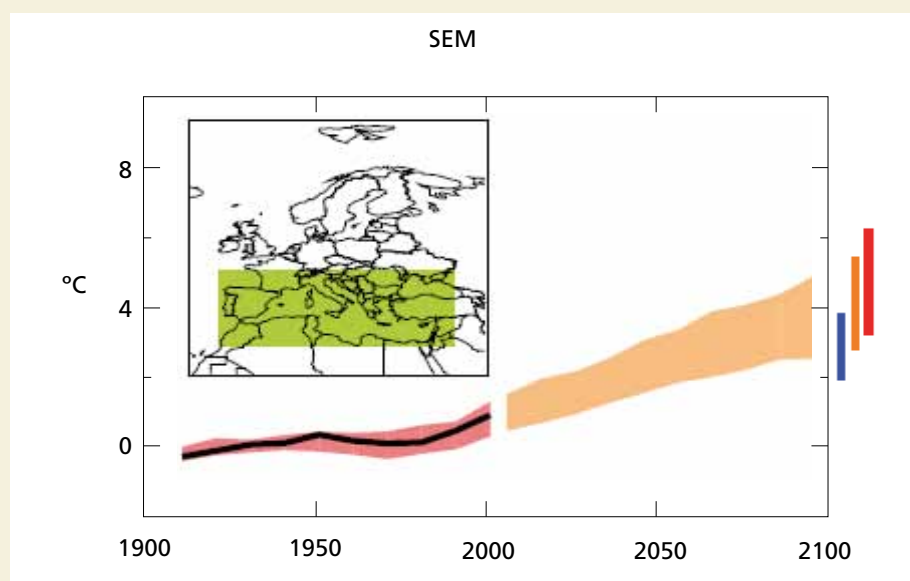


Mediterrània o la península Ibèrica. D'aquesta manera, i deixant de banda les qüestions més òbvies, com ara l'augment de temperatura una mica superior a la mitjana global, s'indica que:

- És molt probable que la precipitació mitjana anual disminueixi a la major part de l'àrea mediterrània.
- És molt probable que l'estació de neu (època en la qual hi ha nevades o la neu roman sobre el terra) s'escurci a la major part d'Europa. Igualment, és molt probable que disminueixi el gruix de neu acumulada als hiverns. Malgrat tot, això es matisa lleugerament en indicar que l'augment previst de precipitació al nord d'Europa podria compensar en part l'efecte que l'augment de temperatura té sobre les nevades i la fosa de la neu.
- És molt probable que augmenti la durada i la freqüència de les sequeres, enteses com a dies consecutius sense precipitació, a tota la zona mediterrània.
- És probable que a la península Ibèrica disminueixin els episodis de precipitació intensa (entenent que aquests episodis acumularan menys precipitació o que s'allargarà el període de retorn de valors alts). Això no obstant, només es dóna una referència bibliogràfica per justificar aquest resultat (Frei *et al.*, 2006).
- És probable que s'incrementi el risc de sequera hidrològica (entesa com els resultats dels canvis de precipitació i d'evaporació), en particular a l'estiu al sud d'Europa i la Mediterrània.

Encara amb relació als resultats que es donen en l'informe del GIECC, és interessant comentar també la figura 2, en la qual es presenta l'evolució de la temperatura per a la zona del sud d'Europa i la Mediterrània, al llarg del segle XXI. Es destaca l'escenari A1B, però també es donen els rangs de les projeccions per als escenaris B1 i A2. D'aquesta manera, observem que l'evolució de la temperatura s'espera que serà constant i continuada. Per tant, podríem dir que, pel que fa a les temperatures, els augments per a mitjan segle serien —molt aproximadament— la meitat que els esperats a finals de segle. En canvi, no és evident que es pugui fer la mateixa extrapolació per a les precipitacions.

Figura 2. Anomalies de temperatura (línia negra) i les projeccions dels canvis de temperatura per al segle XXI, en aquest cas respecte a la mitjana del 1901 al 1950. La zona ombrejada de taronja correspon al rang de resultats dels 21 models de l'MMD per a l'escenari A1B. A la dreta de la figura, les barres blava i vermella corresponen als augments per a finals de segle corresponents als escenaris B1 i A2, respectivament. [Font: Christensen *et al.*, 2007].

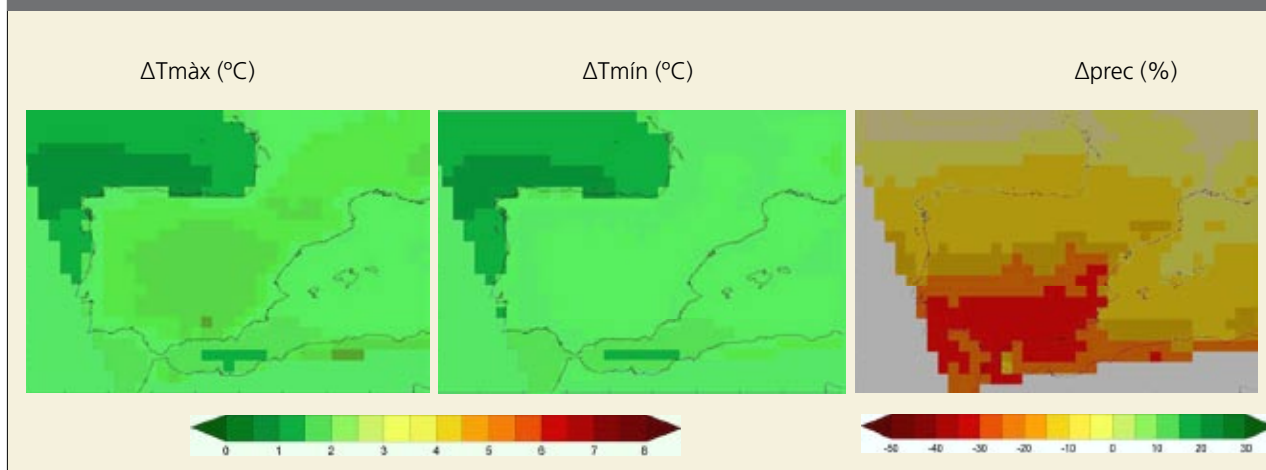


Prudence. La península Ibèrica

El projecte Prudence ha produït una gran quantitat de resultats, alguns dels quals es poden obtenir directament del seu web. En efecte, allà hi ha bases de dades accessibles amb els valors de diverses variables tal com han estat calculats pels diversos models regionals i per als diversos escenaris. Tanmateix, no és objecte d'aquest treball analitzar aquestes dades, sinó que ens limitarem a presentar els resultats ja resumits per altres autors o publicacions. Cal dir que el nombre de publicacions científiques a què ha donat lloc el projecte és també molt important, i aquí no en farem pas una repassada exhaustiva. En aquest apartat donarem alguns resultats obtinguts per Prudence a escala de la península Ibèrica, Espanya o una part d'Espanya, mentre que en el capítol següent disminuïrem l'escala per tal de centrar les projeccions en la zona d'interès, Catalunya.

La figura 3 mostra els canvis previstos (el 2071-2100 respecte del 1961-1990) en la temperatura màxima mitjana anual, la temperatura mínima mitjana anual i la precipitació anual. Els tres mapes són el resultat de fer la mitjana dels resultats dels models regionals de Prudence, sempre forçats amb el model global HadAM3H i per a l'escenari d'emissions A2 (INM, 2007). Segons aquestes gràfiques, la temperatura màxima augmentaria entre 3 i 4,5 °C i la temperatura mínima ho faria entre 2,5 i 3,5 °C. Aquests resultats estan en la línia dels que hem comentat en l'apartat anterior, malgrat que l'escenari d'emissions A2 és més pessimista (preveu un augment més important de les concentracions de CO₂) que l'A1B. Entre altres motius, aquesta aparent inconsistència s'explica pel fet que aquests resultats s'han obtingut a partir d'un sol model global, a diferència dels anteriors. Pel que fa a la precipitació, la reducció es trobaria entre el 10% i el 35%, que també són valors que recorden els de l'apartat anterior, però que en aquest cas sí que són una mica més extrems, en coherència amb un escenari (A2) amb més gasos d'efecte d'hivernacle.

Figura 3. Variació de temperatura màxima, de temperatura mínima i de precipitació per a l'escenari A2, entre finals de segle XXI i el període de referència 1961-1990. Mitjana dels resultats dels models regionals del projecte Prudence. [Font: INM, 2007].



D'altra banda, en l'informe final del projecte Prudence (Christensen, 2005) es presenten uns valors, relatius als canvis de temperatura i precipitació, que intenten resumir els resultats dels experiments duts a terme en el projecte, per països (o per parts de països quan aquests països són grans). La informació es presenta en base anual i també per a les quatre estacions. Per tal de quantificar la incertesa de les projeccions es donen diverses estadístiques; entre altres, la mitjana, la desviació estàndard, la mediana i els percentils 5 i 95 dels canvis projectats. A partir d'aquesta informació s'ha elaborat la taula 1, que correspon a la part nord d'Espanya (no es diu explícitament, però probablement correspon a la part al nord del paral·lel 40°N). Malgrat que aquesta zona



és la que inclou Catalunya, també inclou la costa cantàbrica, que té un clima clarament diferent (en particular, les situacions sinòptiques que originen les precipitacions a la costa mediterrània i a la cantàbrica són ben diferents). D'una manera un pèl curiosa, els valors es donen relatius a un augment de temperatura global d'1 °C. Això, que per a la temperatura pot semblar força raonable, és una mica sorprenent per a la precipitació, ja que no respon linealment als augments de temperatura.

Taula 1. Variacions de temperatura i precipitació entre finals de segle XXI i el període de referència 1961-1990, per a l'escenari A2, com a resultat dels models regionals emprats per Prudence, per a la zona nord d'Espanya. Els resultats són relatius a un augment de la temperatura global d'1 °C. [Font: Christensen et al., 2007].

	Temperatura (°C)					Precipitació (%)				
	Any	DGF	MAM	JJA	SON	Any	DGF	MAM	JJA	SON
Mitjana	1,3	1,0	1,1	1,9	1,4	-5,7	1,9	-8,6	-14,4	-5,2
Desv. est.	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	1,6	2,0	2,7	4,2	2,7
Mediana	1,3	1,0	1,0	1,8	1,3	-5,7	1,9	-8,5	-13,9	-5,1
p95	2,0	1,6	1,8	2,7	2,0	-3,1	5,2	-4,1	-7,4	-0,7
p5	0,7	0,4	0,5	1,1	0,7	-8,4	-1,4	-13,1	-21,4	-9,7

Sense intentar utilitzar la taula 1 per determinar valors absoluts dels canvis projectats, hom pot analitzar els nombres de manera relativa. Així, i sempre segons aquests resultats (recordem, models regionals que utilitzen un model global concret com a condició de contorn), tenim que aquesta regió de la península Ibèrica s'escalfarà més que la mitjana global, i més a l'estiu que no pas a l'hivern. La precipitació disminuirà en mitjana anual, a causa de descensos importants a l'estiu i la primavera, menys importants a la tardor, i a augments poc significatius a l'hivern.

Comentaris: incerteses i oportunitats

Els models climàtics globals del tipus AOGCM treballen amb unes malles que tenen unes cel·les d'unes dimensions horitzontals properes als 300 km. Aquestes dimensions impedeixen que els resultats d'aquests models siguin útils, de manera directa, per fer projeccions climàtiques en regions com ara Catalunya. Ara bé, sí que és possible analitzar els resultats de models globals sobre regions de dimensions subcontinentals (longitud característica d'alguns milers de quilòmetres). D'aquesta manera, el quart informe del GIECC (igual que feia el tercer) dona resultats per a diverses regions del globus, una de les quals és Europa i la Mediterrània. Els resultats per a aquesta regió no són tan robustos com els que donen els models per al conjunt del globus, en el sentit que els diversos models donen resultats més semblants entre si quan se'n fa la mitjana globalment que quan es consideren per a una regió. No obstant això, pel que fa a la temperatura, l'acord entre els models globals, fins i tot a aquesta escala regional, és prou notable, mentre que per a la precipitació hi ha més incertesa, però malgrat tot els trets principals dels canvis de precipitació, que hem comentat més amunt, sembla que estan força ben establerts.

Per tal de superar la limitació de la mida de les malles de treball dels models globals, una primera (i òbvia) possibilitat seria treballar amb malles que continguessin cel·les més petites. Hi ha, en efecte, diverses iniciatives en aquest sentit, però la potència de càlcul és encara un factor limitador a l'hora d'estendre l'ús de models globals d'alta resolució. L'exemple més conegut és el del model japonès, que ha estat executat sobre malles de menys de 50 km en un ordinador especialment dissenyat per a aquest efecte, anomenat Earth Simulator. Més a prop

nostre, al Barcelona Supercomputing Center s'està treballant també sobre la possibilitat d'augmentar la resolució d'un model global.

Una opció alternativa és la dels anomenats models climàtics regionals, que utilitzen resolucions relativament altes (20-50 km) per simular l'evolució de l'atmosfera d'una regió de la Terra, emprant com a condicions de contorn la sortida d'algun model global. Tanmateix, això fa augmentar els factors que generen incertesa: als ja coneguts relatius a l'escenari d'emissions i als models globals, s'hi afegeix ara el de la diversitat de models regionals, cadascun amb les seves pròpies parametrizacions i aproximacions. Per exemple, el projecte Prudence ha mostrat que els diversos models regionals emprats, encara que forçats amb un sol escenari i un sol model global, donen resultats diferents entre si. Això, d'una banda, és interessant, ja que permet quantificar la incertesa, però d'altra banda obre la porta a un gran nombre de possibles simulacions per desenvolupar, combinant escenaris, models globals i models regionals.

Aquest és, explicat d'una manera senzilla, el rerefons del projecte europeu Ensembles, que es desenvolupa entre el 2005 i el 2009. En efecte, aquest projecte (www.ensembles-eu.org) està desenvolupant un sistema de predicció climàtica basat en la predicció per conjunts (*ensemble*) que es pugui utilitzar en escales temporals que vagin de l'estacional fins a la decadal i la secular, i en escales espacials que vagin de la global a la local. El sistema s'utilitzarà per generar prediccions probabilístiques del clima futur. Aquesta metodologia de predicció per conjunts s'ha imposat recentment per a la predicció probabilística en els entorns meteorològic i climàtic. L'objectiu final del projecte és acotar les incerteses de les prediccions seculares de canvi climàtic mitjançant la integració amb diferents escenaris d'emissió, diferents models globals, diferents models regionals i, també, diferents tècniques estadístiques de regionalització, com també proporcionar mètodes per pesar i combinar els diferents resultats en una única predicció probabilística. Així doncs, cal esperar que els resultats d'aquest projecte representaran un salt remarcable en l'evolució de les projeccions climàtiques.

Referències bibliogràfiques

CHRISTENSEN, J. H. (coord.) (2005). *Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects (Prudence) Final Report*. Disponible a <http://prudence.dmi.dk/>.

CHRISTENSEN, J. H.; HEWITSON, B.; BUSUIOC, A.; CHEN, A.; GAO, X.; HELD, I.; JONES, R.; KOLL, R. K.; KWON, W.-T.; LAPRISE, R.; MAGAÑA RUEDA, V.; MEARN, L.; MENÉNDEZ, C. G.; RÄISÄNEN, J.; RINKE, A.; SARR, A.; WHETTON, P. (2007). «Regional Climate Projections». A: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (ed.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge (Regne Unit) i Nova York (Estats Units).

DÉQUÉ, M.; JONES, R. G.; WILD, M.; GIORGI, F.; CHRISTENSEN, J. H.; HASSELL, D. C.; VIDALE, P. L.; ROCKEL, B.; JACOB, D.; KJELLSTRÖM, E.; DE CASTRO, M.; KUCHARSKI, F.; VAN DEN HURK, B. (2005). «Global high resolution versus Limited Area Model climate change projections over Europe: quantifying confidence level from Prudence results». *Climate Dynamics*, núm. 25, pàg. 653-670. DOI: 10.1007/s00382-005-0052-1.

FREI, C.; SCHÖLL, R.; FUKUTOME, S.; SCHMIDL, J.; VIDALE, P. L. (2006). «Future change of precipitation extremes in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models». *Journal of Geophysical Research*, núm. 111, D06105. DOI: 10.1029/2005JD005965.

INSTITUT NACIONAL DE METEOROLOGIA, INM (2007). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*. INM, Madrid.

LÓPEZ-BUSTINS, J.-A.; MARTÍN-VIDE, J.; SÁNCHEZ-LORENZO, A. (2007). «Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns». *Global and Planetary Change*. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2007.09.002.