

CÀLCUL I CARTOGRAFIA DE LA IRREGULARITAT PLUVIOMÈTRICA TEMPORAL A CATALUNYA MITJANÇANT TÈCNiques SIG

Joan-Albert López-Bustins^{1,2}, Montserrat Salvà-Catarineu^{2,3} i Thomas Cernocky¹

¹ Grup de Climatologia, Universitat de Barcelona

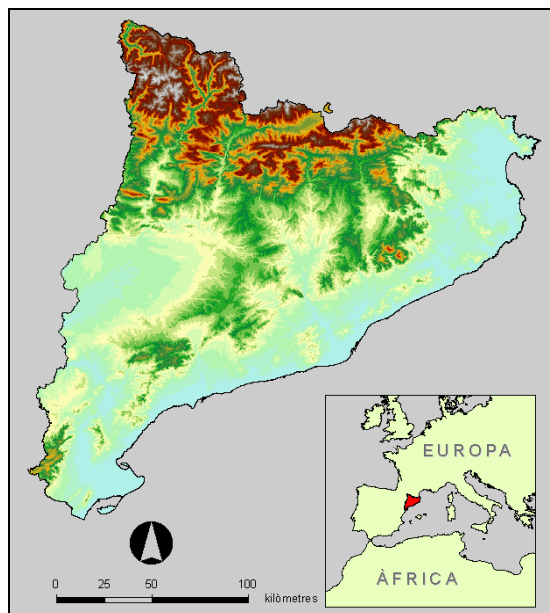
² Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional, Universitat de Barcelona

³ Grup de Recerca Biodiversitat i Biosistemàtica Vegetals (GReB), Universitat de Barcelona

1. Introducció

Catalunya té un clima mediterrani, a excepció, de la Val d'Aran¹. Els règims de circulació atmosfèrica de la conca mediterrània mostren un cicle estacional lligat a la circulació temperada i humida de l'oest a l'hivern i a una d'estrictament subtropical a l'estiu. El clima mediterrani s'ubica en una transició geogràfica entre el domini temperat i humit de les latituds mitjanes i l'àrea àrida i desèrtica del cinturó dels anticiclons tropicals. La gran complexitat geogràfica de la conca mediterrània composta de tres penínsules de remarcable extensió a la vessant nord, i la seva singularitat, quasi semitancada a l'Atlàntic, donen lloc a una gran diversitat de subclimes, basats en una gran varietat de comportaments atmosfèrics, principalment pluviomètrics. Quan els factors geogràfics intervenen en la dinàmica de la circulació, provoquen una distribució estacional de la precipitació en certes regions de la conca que difereixen de la típica mediterrània. Específicament, a la franja est de la Península Ibèrica on s'ubica Catalunya, a sotavent de la influència atlàntica, la tardor és l'estació més plujosa, mentre l'hivern és relativament sec (MARTÍN-VIDE i OLCINA CANTOS, 2001). El relleu de la orografia catalana juga un paper important per afavorir microclimes i comportaments pluviomètric molt diferenciats a nivell local. Des dels Pirineus, amb pics de més de 3.000 metres, fins a la línia de costa, relativament propera, hi ha tot un ampli ventall de matisos en el clima de Catalunya (Figura 1).

Figura 1. Mapa hipsomètric de l'àrea d'estudi (Catalunya: 32.107 km²) i la seva ubicació en l'àmbit geogràfic europeu.



Aquesta complexitat geogràfica de Catalunya no afavoreix la detecció de tendències o generació d'escenaris futurs de la seva precipitació, així com la modelització espacial d'aquesta variable (LLEBOT, 2005). La precipitació a Catalunya ve caracteritzada per una alta irregularitat, tant espacial com temporal, que comporta una gran varietat de règims pluviomètrics (MARTÍN-VIDE, 2005) i una alta torrencialitat (LÓPEZ-BUSTINS, 2007). Per poder analitzar la precipitació en àmbits mediterranis com el de Catalunya s'empren índexs d'irregularitat pluviomètrica, que són paràmetres estadístics que poden esdevenir una eina útil en la planificació del territori per a fins agrícoles, urbans, de gestió dels recursos hídrics, etc. També són útils per a estudis medioambientals com són els del seguiment de la degradació o pèrdua de sòls (DE LUIS *et al.*, 1997).

Entre els índexs d'irregularitat pluviomètrica cal destacar el coeficient de variació (CV) i l'índex de disparitat consecutiva (S_1). El CV és una mesura de dispersió relativa per comparar les variabilitats pluviomètriques de diferents observatoris i es defineix com el simple quocient entre la desviació típica i la mitjana, i es pot optar per expressar-ho en percentatge: $CV = (S/X) \cdot 100$ (%). El S_1 és un índex d'irregularitat temporal anomenat en origen *índex de disparitat consecutiva*, el qual fou proposat per MARTÍN-VIDE (1987) per avaluar l'ordre temporal de la pluviometria, i es defineix com la mitjana dels valors absoluts dels logaritmes neperians dels quocients de cada valor i el precedent²: $S_1 = (\sum |\ln(P_{i+1} / P_i)|) / (n-1)$. Aquest índex ofereix una representació espacial de la irregularitat pluviomètrica amb certs matisos interessants respecte a la del CV, realçant el pes pluviomètric amb origen a la conca mediterrània, que es caracteritza per una elevada irregularitat temporal (MARTÍN-VIDE, 2003). A priori, aquelles àrees on aquests índexs siguin més elevats ens indicaran àrees de comportament pluviomètric més pròpiament mediterrani.

La cartografia de variables climàtiques ha estat tradicionalment resolta mitjançant mapes d'isolínies amb un traçat manual per part d'experts en la matèria i coneixedors del territori (VICENTE-SERRANO i SAZ, 2002). No obstant, les noves tecnologies, entre elles, els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) ens permeten crear cartografies més precises i de forma automàtica. Els SIG permeten cartografiar i modelitzar aquestes variables (precipitació, temperatura, radiació solar, etc.) com varis estudis ja han pogut demostrar satisfactòriament (AGNEW i PALUTIKOV, 2000; NINYEROLA *et al.*, 2000; FELICÍSIMO *et al.*, 2001; DALY *et al.*, 2002; VICENTE-SERRANO i SAZ, 2002; CORNET, 2005; NAZARENO, 2005; entre altres).

L'objectiu d'aquest projecte és calcular un índex d'irregularitat pluviomètrica i cartografiar-lo per a Catalunya a partir d'una modelització portada a terme per una sèrie de variables físiques (independents) mitjançant tècniques SIG. El CV ja ha estat modelitzat per un estudi anterior (CERNOCKY *et al.*, 2008), per això, el S_1 és l'objecte d'estudi d'aquest projecte. Aquesta darrera cita es una referència important per a aquest treball, juntament amb la de NINYEROLA *et al.* (2000) d'on ha derivat l'Atlas Climàtic de Catalunya digital.

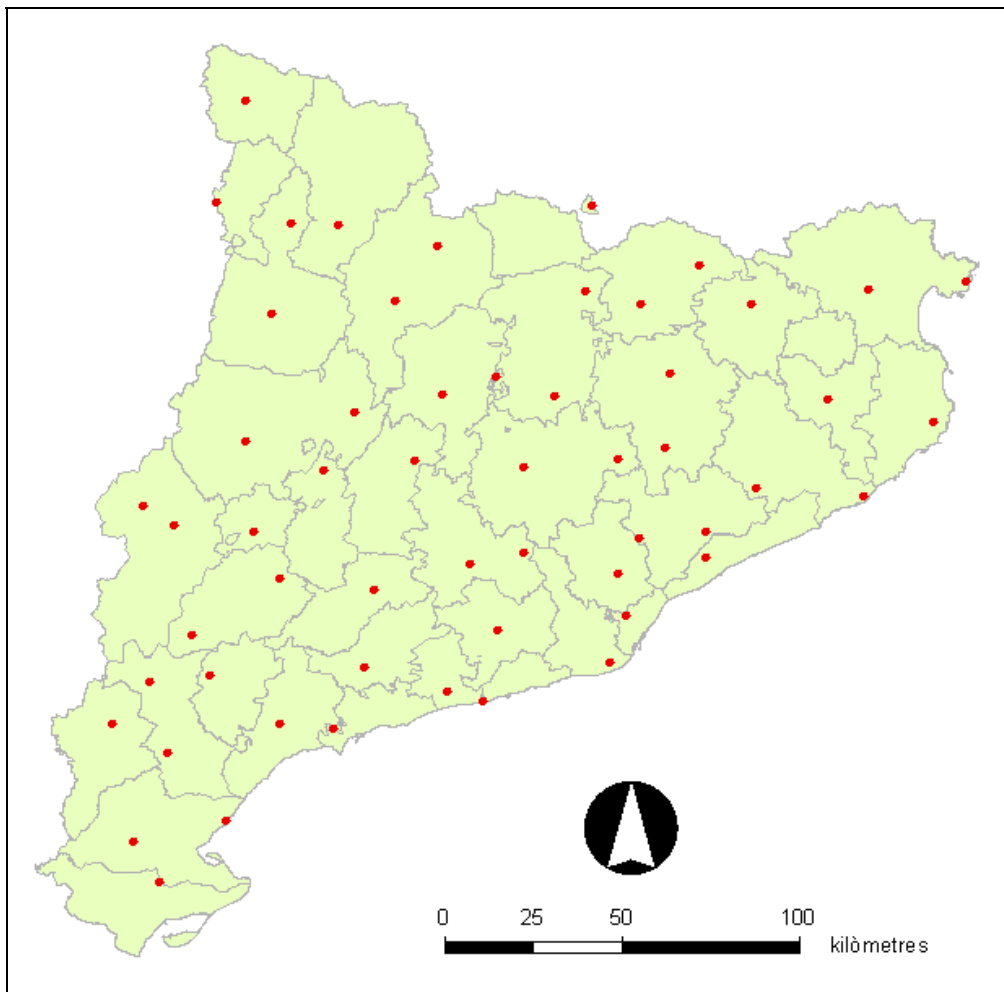
2. Dades i període d'estudi

L'anàlisi ha de partir d'uns valors reals de S_1 de l'àrea d'estudi. Per obtenir-los s'ha de calcular l'índex per a una xarxa de sèries de precipitació relativament densa i homogènia espacialment arreu del territori. Un període d'estudi, tanmateix, de com a mínim 30 anys

és essencial per a la recerca en climatologia. La segona meitat del segle XX és idònia per a l'estudi. El període 1951-2000 es caracteritza per unes variabilitats climàtiques destacades. Hi ha una clara influència antròpica, més pronunciada, a la segona meitat del període respecte al primer, i té lloc l'inici d'un canvi climàtic (4t. IPCC). El càlcul del S_1 es fa anualment i per a cada una de les quatre estacions. Les estacions de l'any es tracten des del punt de vista climatològic: tardor (SON), hivern (DGF), primavera (MAM) i estiu (JJA).

L'homogeneïtat espacial de la distribució de les sèries s'intenta conformar a partir de la divisió administrativa comarcal. A Catalunya hi ha 41 comarques. L'àrea mitjana d'una comarca catalana és 783,1 km². S'adjudicarà un nombre de sèries pluviomètriques a cada comarca en funció de la seva extensió (1 sèrie si la superfície comarcal és inferior a la mitjana, 2 si és superior però no el doble i 3 sèries si és més del doble). Es dedueixen 59 sèries potencials, de les quals se n'aconsegueix gairebé la seva totalitat, 56 (Figura 2). Són dades de precipitació homogeneïtzades a resolució mensual de la base de dades NESAP (*NorthEastern Spain Adjusted Precipitation*, Grup de Recerca del Canvi Climàtic de la Universitat Rovira i Virgili) i de l'Institut Nacional de Meteorologia (INM). En definitiva, s'obté una estació meteorològica, amb dades de precipitació durant el període 1951-2000, cada 575 km² aproximadament.

Figura 2. Localització de les 56 sèries de precipitació de partida en el territori de Catalunya.



3. Mètode i variables emprades

3.1 Mètode

Amb una xarxa relativament densa de punts de l'àrea d'estudi es pot realitzar una interpolació espacial basada en mètodes quantitius. Aquests mètodes poden ser globals, locals i d'interpolació geoestadística (BURROUGH i MCDONNELL, 1998). En aquest estudi s'ha treballat un híbrid de model global i geoestadístic. És global perquè es du a terme una regressió múltiple a partir de distintes variables geogràfiques físiques d'on s'obtenen uns valors estimats del S_1 que no tenen perquè coincidir amb els valors reals. I és geoestadístic perquè s'aplica una interpolació mitjançant la distància inversa ponderada (*Inverse Distance Weighted* -IDW-) als residus de la regressió. Aquest mètode s'ha escollit perquè és la tècnica més comunament usada per desenvolupar models empírics (LANZANTE, 1996) i per la simplicitat de la seva aplicació. Els programes emprats són l'*ArcGis 9.2* per a la cartografia dels resultats i l'*Statgraphics* per al càlcul de l'equació de la regressió.

L'expressió matemàtica de la regressió múltiple segons TVEITO (2006):

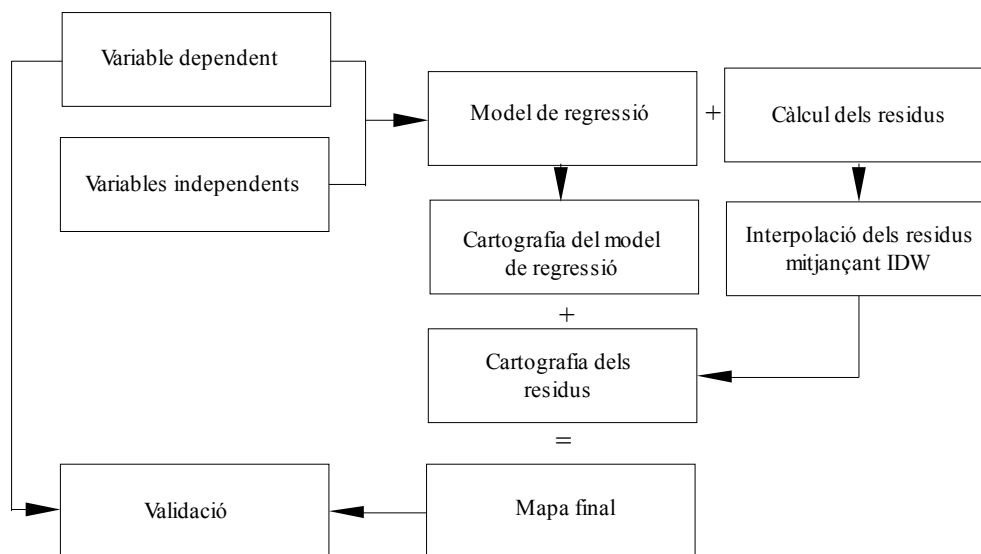
$Z(s) = \beta_0 + \beta_1 x_1(s) + \beta_2 x_2(s) + \dots + \beta_p x_p(s) + \delta(s)$, on δ és l'error aleatori amb distribució normal. En el model de regressió utilitzat, $Z^*(s)$ relaciona la variable dependent $Z(s)$ amb les variables independents $x_i(s)$: $Z^*(s) = \beta_0 + \beta_1 x_1(s) + \beta_2 x_2(s) + \dots + \beta_p x_p(s)$

El mapa de residus es calcula restant als valors reals els valors modelitzats i portant a terme una interpolació: $\sigma^*(s) = Z(s) - Z^*(s)$. El resultat dona a conèixer aquella variabilitat que no es pot explicar amb el model. Aquests residus poden derivar de les dades de partida a causa d'errades en la informació geogràfica digital o de la informació climàtica de les estacions meteorològiques (NINYEROLA *et al.*, 2000).

La predicció dels valors de la variable dependent $Z(s)$ s'obtenen sumant les cartografies del model de regressió $Z^*(s)$ (obtinguda amb la calculadora ràster en incloure l'equació del model) i de la variable residual $\sigma^*(s)$ (obtinguda mitjançant una interpolació IDW). La Figura 3 mostra de manera simplificada el procés metodològic de l'anàlisi.

3.2 Variables emprades

Les variables utilitzades en aquest projecte es poden dividir en dues categories: la variable independent (S_1) i les variables independents. Les variables independents són les susceptibles de predir o modelar la variable dependent. La majoria, a excepció de l'altitud i de les coordenades (x , y), s'han deduït del model digital d'elevació (MDE) de Catalunya amb una resolució de 200 metres de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) i d'altres capes vectorials de línies (distància als mars).

Figura 3. Esquema dels passos del mètode d'anàlisi.

Les variables independents seleccionades són les següents:

a) Altitud

S'ha emprat la dada proporcionada a cada estació meteorològica per les bases de dades de partida. L'altitud permet distingir entre els climes de muntanya i els de costa o planes.

b) Altitud mitjana

Per solucionar la complexitat de l'orografia catalana se suavitza el terreny a partir del MDE (TVEITO, 2002). Aquesta variable suavitzada elimina l'altitud assignada als punts d'estudi (56 estacions) segons l'orografia local i s'inclouen en unitats de relleu del territori més extenses. Els radis considerats per calcular les altituds mitjanes han estat 5, 10 i 15 km.

c) Altitud mínima

Ídem que b), però detecta quina és l'altitud mínima dins un radi determinat.

d) Distància a la Mar Mediterrània

S'han creat capes ràster de distància a la Mar Mediterrània de tota l'àrea d'estudi. Aquesta mar semitancada influeix directament en les precipitacions torrencials de Catalunya.

e) Distància al Mar Cantàbric

Ídem que d). Algunes zones de Catalunya poden tenir una climatologia composta per fluxos mediterranis i atlàntics, per tant, la proximitat al Mar Cantàbric pot condicionar directament el comportament pluviomètric d'alguns punts de l'àrea d'estudi.

f) Latitud

El valor d'aquesta variable ve explícita en les bases de dades subministrades. Ve en graus (°) però s'extreuen els seus valors en UTM (fus 31N) per a cada estació. La latitud és susceptible de reflectir un cert patró de variabilitat Nord-Sud per la circulació atmosfèrica meridiana.

g) Longitud

Ídem que f), però és susceptible de reflectir la circulació atmosfèrica zonal (Oest-Est).

h) Radiació solar

Aquesta variable és un mapa d'ombres de l'àrea d'estudi que s'executa a partir del MDE. Ens proporciona indirectament informació sobre la radiació solar rebuda, ja que hi ha una escassetat de dades al respecte. L'exposició ens permet detectar alguns microclimes per explicar alguns efectes locals del relleu (AGNEW i PALUTIKOV, 2000). S'han obtingut valors distints segons l'estació de l'any i anualment, ja que s'ha considerat una altitud mitjana del Sol sobre l'horitzó diferent per a cada moment de l'any (PONS, 1996). L'azimut s'ha mantingut constant per a tots els càlculs (180° -Sud-).

i) Pendent

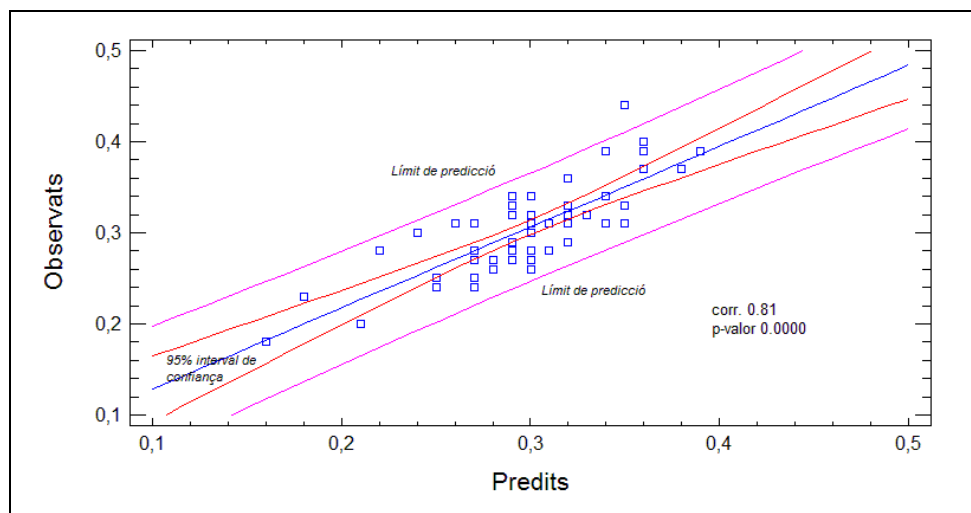
Aquesta variable també està directament correlacionada amb la radiació solar (AGNEW i PALUTIKOV, 2000) i pot ajudar a aportar informació sobre aquesta variable.

El nombre total de variables independents és 13: Altitud, altitud mitjana 5 km, altitud mitjana 10 km, altitud mitjana 15 km, altitud mínima 5 km, altitud mínima 10 km, altitud mínima 15 km, latitud, longitud, radiació solar i pendent.

4. Resultats i discussió

Les relacions determinístiques entre els valors reals del S_1 i les variables geofísiques s'han obtingut per a cada estació i anualment (Quadre 1). Els millors ajustaments són a la primavera i a l'estiu on s'aconsegueix explicar més del 70% de la variabilitat de l'índex. L'ajustament menys satisfactori és a l'hivern, fet que també detectà CERNOCKY *et al.* (2008) per al CV. Anualment, obtenim un ajustament bastant satisfactori entre els valors observats i predits (Figura 4).

Figura 4. Relació entre els valors anuals del S_1 observats i predits pel model de les 56 sèries de precipitació.



La variable independent que influeix més directament en aquest índex de la irregularitat pluviomètrica és la longitud, i de forma inversament proporcional. Per tant, les Terres de Ponent són les més susceptibles de tenir una major irregularitat pluviomètrica. El Pla de Lleida i les Terres de l'Ebre tindran uns valors més elevats del S_1 que la Catalunya

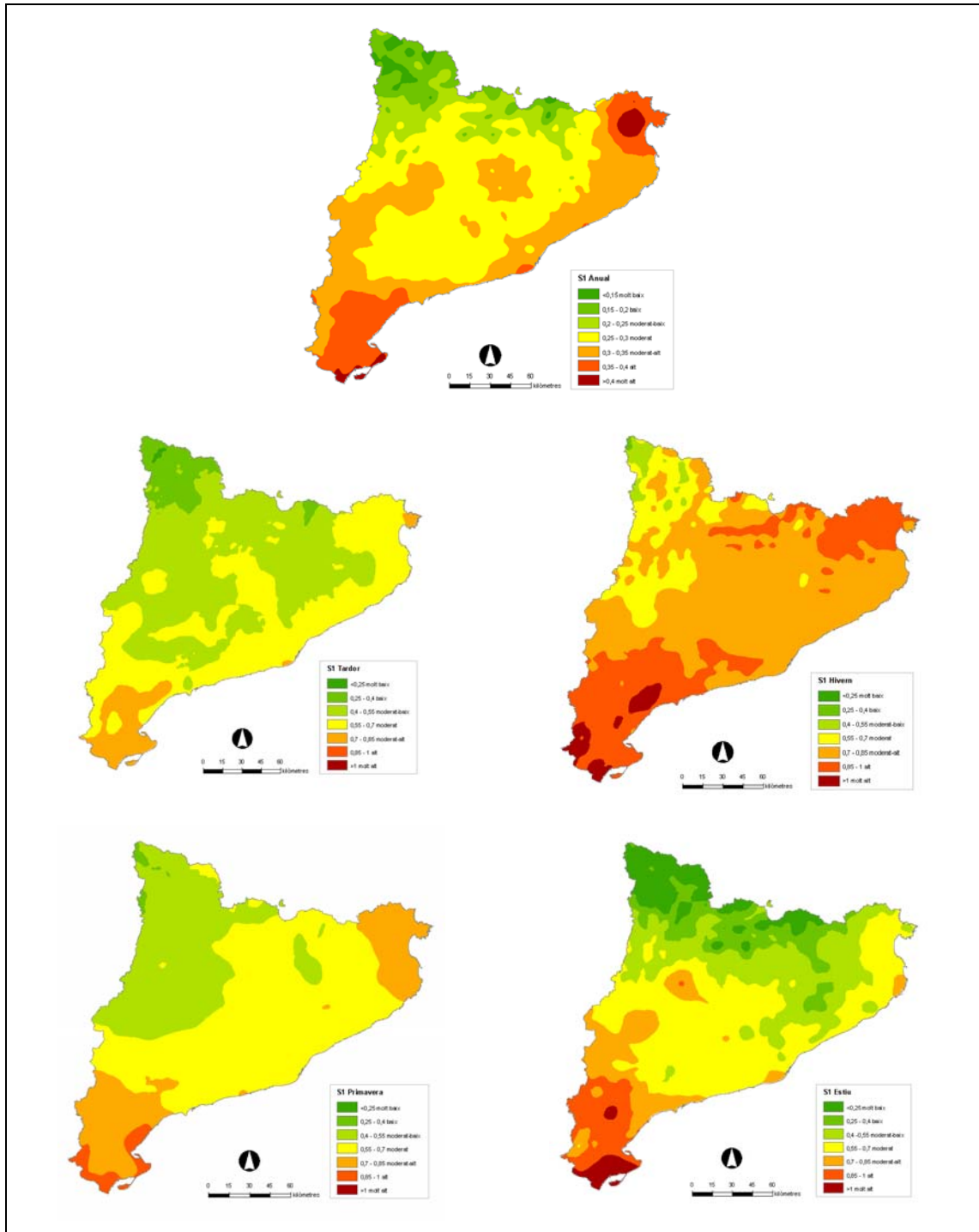
Central. De fet, són les àrees més seques de Catalunya. Això es detecta clarament a l'estiu (Figura 5). La latitud també té un pes important en la distribució espacial. És la tercera variable més important en els models de regressió de la primavera i anualment, com es palesa en el fort gradient entre els alts valors del Delta de l'Ebre i els baixos de la Val d'Aran. La irregularitat pluviomètrica no és característica de climes oceànics com el del Pirineu Occidental català. D'aquí la importància de la distància al Mar Cantàbric, la segona variable més influent en el S_1 . Altres variables fisiogràfiques com el pendent a l'estiu o les altituds mitjanes de 10 i 15 km a l'hivern són més difícils de justificar (Quadre 1). En general, una major altitud comportarà una menor irregularitat pluviomètrica en alterar-se el règim mediterrani sota el domini d'un clima de muntanya més humit.

A les zones costaneres del sud de Catalunya és on el S_1 té uns valors més elevats. Són àrees directament influenciades per la Mar Mediterrània i amb uns registres pluviomètrics força minsos que afavoreixen la irregularitat de la precipitació. La Plana de l'Empordà, tot i contradir les variables de la longitud i la latitud, també té uns valors elevats ja que és una àrea juntament amb la Plana del Rosselló molt freqüentada per episodis torrencials per les condicions geogràfiques del seu entorn (LLASAT, 1991; MARTÍN-VIDE i LÓPEZ-BUSTINS, 2006).

Quadre 1. Variabilitat explicada segons R^2 , variables independents amb més pes en el model de regressió (signe de la relació) i mitjana del valor del S_1 per a Catalunya calculada a partir de tots els píxels inclosos a l'àrea d'estudi.

	Variabilitat explicada (%) segons R^2	Variables més influents en el S_1	S_1 mitjà
Tardor	59,2	Longitud (-) i distància al Mar Cantàbric (+)	0,55
Hivern	54,9	Alt. mitjana 15 km (-) i alt. mitjana 10 km (+)	0,80
Primavera	76,8	Longitud (-) i distància al Mar Cantàbric (+)	0,61
Estiu	74,4	Longitud (-) i pendent (+)	0,56
Anual	66,3	Longitud (-) i distància al Mar Cantàbric (+)	0,29

Catalunya té un índex d'irregularitat pluviomètric temporal moderat, lleugerament alt (S_1 anual = 0,29), però és inferior al del País Valencià on s'han detectat els valors més elevats de la Península Ibèrica (MARTÍN-VIDE *et al.*, 2001; LÓPEZ-BUSTINS, 2007). En un principi, el que pot semblar contradictori pel fet que la tardor ostenti els valors més modestos és explicable si hom comprova que es tracta de l'estació més plujosa a la major part del territori català. Tot i que els episodis torrencials són freqüents en aquesta època de l'any, són rares les tardors que són anòmalament eixutes. D'altra banda, l'hivern és l'estació amb una variabilitat pluviomètrica més alta perquè es poden alternar situacions sinòptiques d'episodis torrencials com els de la tardor i d'anticiclons estables. Hi ha un major desordre cronològic en els totals de precipitació hivernals que es reflecteixen en uns valors molt elevats gairebé arreu de Catalunya (Figura 5). EL CV també té els valors més alts en aquesta estació de l'any (CERNOCKY *et al.*, 2008).

Figura 5. Cartografia del S_1 a Catalunya per estacions i anualment durant el període 1951-2000.

Els ajustaments són satisfactoris però són millorables per aconseguir una cartografia de Catalunya d'aquest índex més acurada introduint noves variables. Cal redefinir algunes variables com la radiació solar, tant buscant noves eines de càlcul en versions més actualitzades d'ArcGis com afegint dades d'observació real d'aquesta variable. Cal esbrinar i solucionar les influències contradictòries d'algunes variables similars com en el cas de l'altitud mitjana 10 i 15 km a l'hivern. Algunes variables es poden descartar en futurs models seguint el principi de parsimonia, segons el qual un fenomen ha de ser descrit amb el menor nombre d'elements possibles i evitar una multicolinealitat (interdependència entre les variables) (BISQUERA, 1989). Aquesta cartografia és

vàlida per a la segona meitat del segle XX on s'ha calculat un valor de l'índex d'irregularitat pluviomètrica per a tots els punts del territori català. No obstant, en un estudi per subperíodes o de períodes futurs, el pes d'algunes variables geofísiques en la precipitació poden variar lleugerament. Gràcies a les tècniques SIG es pot estimar un valor molt aproximat al real d'índexs com el S_1 de tots els punts de l'àrea d'estudi.

5. Conclusions

Aquest projecte presenta un mètode per deduir i cartografiar els valors interpolats de variables climàtiques amb una alta resolució espacial. En aquest cas, es tracta d'un paràmetre calculat a partir de la precipitació, el S_1 . El mètode requereix l'ús de tècniques SIG per poder cartografiar un model de regressió a partir de variables fisiogràfiques i una interpolació dels residus del model. La utilització de variables geogràfiques físiques com a variables independents o predictors permet estimar una distribució espacial dels valors climàtics molt propers a la realitat.

El model està obert a millorar-se amb l'inclusió de noves variables independents, així com la interpolació dels residus amb l'ús de tècniques millorades com per exemple el *kriging*. Els resultats presentats suggereixen que el mètode aplicat és una eina molt útil per interpolat variables climàtiques tan complexes com la precipitació mediterrània.

La longitud, la distància al Mar Cantàbric i la latitud han estat les tres variables determinants en la construcció del model de regressió del S_1 . Catalunya té una irregularitat pluviomètrica moderadament elevada, però inferior a altres punts de la Península Ibèrica. Els valors més baixos s'han detectat als Pirineus, sobretot a la Val d'Aran sota un clima més pròpiament atlàntic, i els més elevats a les àrees litorals i prelitorals, sobretot a les Terres de l'Ebre i a l'Empordà, on els episodis torrencials són més freqüents a Catalunya (LÓPEZ-BUSTINS, 2007). El S_1 indica que la precipitació és més irregular a l'hivern i més regular a la tardor.

Agraïments

Al Grup de Recerca del Canvi Climàtic (GRCC) de la Universitat Rovira i Virgili i a l'Institut Nacional de Meteorologia (INM) per les dades de precipitació cedides. Al Laboratori de Cartografia i al Grup de Climatologia (2005SGR 01034). Al projecte IPIBEX (CGL2005-07664-C02-01/02) del Ministeri d'Educació i Ciència. Als professors del Màster de Producció Cartogràfica i SIG, sobretot, al Dr. Josep Maria Rabella i Vives.

Notes

¹La Val d'Aran té un clima oceànic. La vall es troba orientada i oberta al Mar Cantàbric. Els fluxos atlàntics s'escolen pel curs del riu Garona.

² Els anys amb registre 0 mm se substitueixen per un valor inferior a 1 mm, que no sigui 0, per tal de resoldre la indeterminació.

Bibliografia

AGNEW MD, PALUTIKOV JP. 2000. "GIS-based construction of baseline climatologies for the Mediterranean using terrain variables". *Climate Research* **14**: 115-127.



- BISQUERA R. 1989. *Introducción conceptual al análisis multivariable* (Vol. I). PPU, Barcelona.
- BURROUGH PA, MCDONNELL RA. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. New York. Oxford University Press, 333 p.
- CERNOCKY T, SÁNCHEZ-LORENZO A, TÉLLEZ JURADO B, MARTÍN-VIDE J. 2008. “Modelización cartográfica mediante SIG del coeficiente de variación de la pluviometría anual y mensual en Cataluña”. En ESTRELA, M.J. (Ed.): *Riesgos climáticos y cambio global en el mediterráneo español ¿hacia un clima de extremos?*. CEAM, Colección Interciencias UNED Alzira-València, 215-233 p.
- CORNET Y, FITSCHY C, GOBBATO O, ERPICUM M. 2005. “Modélisation de la distribution spatiale des précipitations en Sicile”. *Bulletin de la Société Géographique de Liège* **46**: 11-26.
- DALY C, GIBSON P, TAYLOR G, JOHNSON G, PASTERIS P. 2002. “A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate”. *Climate Research* **22**: 99-113.
- DE LUIS M, GONZÁLEZ-HIDALGO JC, RAVNETÓS J, SÁNCHEZ JR, CORTINA J. 1997. “Distribución espacial de la concentración y agresividad de la lluvia en el territorio de la Comunidad Valenciana”. *Cuaternario y Geomorfología* **11** (3-4): 33-44.
- FELICÍSIMO AM, MORÁN LÓPEZ R, SÁNCHEZ GUZMÁN JM, PÉREZ MAYO D. 2001. “Elaboración del Atlas climático de Extremadura mediante un sistema de información geográfica”. *GeoFocus* **1**: 17-23.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA <www.icc.cat>
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA <www.inm.es>
- IPCC. *The Intergovernmental Panel on Climate Change, 4th Assessment Report* (2007): <www.ipcc.ch>
- LANZANTE JR. 1996. “Resistant, robust and non-parametric techniques for the analysis of climate data: theory and examples, including applications to historical radiosonde station data”. *International Journal of Climatology* **16**: 1197-1226.
- LÓPEZ-BUSTINS JA. 2007. *L'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental i la Precipitació als Països Catalans*. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, 400 p. <www.tesisenxarxa.net/TDX-0228108-121721/>
- LLASAT MC. 1991. *Gota fría*. Marcombo, Barcelona, 165 p.
- LLEBOT JE. 2005. *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. CADS, IEC, Barcelona.
- MARTÍN-VIDE J. 1987. “Propiedades y aplicaciones de un índice de disparidad en pluviometría”. *X Congreso Nacional de Geografía (AGE)* **1**: 267-276.
- MARTÍN-VIDE J, OLCINA CANTOS J. 2001. *Climas y tiempos de España*. Alianza Editorial, Madrid, 258 p.
- MARTÍN-VIDE J, PROHOM M, BOHIGAS M, PEÑA JC, ESTEBAN P, MONTSERRAT D. 2001. “Índices de irregularidad temporal y dimensión fractal de la precipitación anual en España”. En Pérez-Cueva, López Baeza y Tamayo, *El Tiempo del Clima*, 157-166, Buñol, AEC y Garmas Impresores.
- MARTÍN-VIDE J. 2003. *El temps i el clima*. Departament de Medi Ambient i Editorial Rubes, Barcelona, 127 p.
- MARTÍN-VIDE J. 2005. “Factors geogràfics, regionalització climàtica i tendències de les sèries climàtiques de Catalunya”. *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. CADS, IEC, 81-111.
- MARTÍN-VIDE J, LÓPEZ-BUSTINS JA. 2006. “The Western Mediterranean Oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula”. *International Journal of Climatology* **26** (11): 1455-1475.



- NAZARENO D. 2005. “The influence of topographic co-variables on the spatial variability of precipitation over small regions of complex terrain”. *International Journal of Climatology* **25**: 351-363.
- NESAP (*North Eastern Spain Adjusted Precipitation*) dataset. Grup de Recerca del Canvi Climàtic (GRCC). Universitat Rovira i Virgili. Directors: Dr. López Bonillo i Dra. Brunet India <www.sre.urv.es/web/geografia/clima.htm>
- NINYEROLA M, PONS X, ROURE JM. 2000. “A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques”. *International Journal of Climatology* **20**: 1823-1841.
- PONS X. 1996. “Estimación de la Radiación Solar a partir de modelos digitales de elevaciones. Propuesta metodológica”. In *VII Coloquio de Geografía Cuantitativa, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*, Juaristi J, Moro I (eds). Vitoria-Gasteiz; 87-97.
- TVEITO O. 2002. “Spatial distribution of winter temperatures in Norway related to topography and large scale atmospheric circulation”. *AHS Workshop*, Brasília, Brazil.
- TVEITO O. 2006. *Chapter II: Spatialisation of climatological and meteorological information by the support of GIS*. Final Report/WG2 Spatialisation/COST-719, Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway.
- VICENTE-SERRANO SM, SAZ MA. 2002. “Comparación de técnicas geoestadísticas, interpoladores locales y globales en la estimación espacial de las precipitaciones en el sector central del valle del Ebro”. En Cuadrat JM, Vicente-Serrano SM y Saz MA (Eds.). *La información climática como herramienta de gestión ambiental*. Universidad de Zaragoza y Asociación de Geógrafos Españoles, 155-165.