

Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional
Facultat de Geografia i Història
Universitat de Barcelona

Tesi doctoral

L'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental i la Precipitació als Països Catalans

Memòria presentada per
Joan Albert López i Bustins
per optar al títol de Doctor en Geografia

Programa de doctorat
Geografia, Paisatge i Medi Ambient
Bienni 2002–2004

El director de la tesi

Dr. Javier Martín Vide
Catedràtic de Geografia Física
Universitat de Barcelona

Barcelona, juny de 2007

Citar com: López-Bustins JA. 2007. *L'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental i la Precipitació als Països Catalans*. Tesis doctoral, Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional, Universitat de Barcelona, 400 p.

*“Al meu país la pluja no sap ploure:
o plou poc o plou massa;
si plou poc és la sequera,
si plou massa és la catàstrofe.
Qui portarà la pluja a escola?
Qui li dirà com s'ha de ploure?
Al meu país la pluja no sap ploure”*

Raimon (Al meu país la pluja,
Entre la nota i el so, 1984)

A l'Ester

i als meus pares, Joan i Rosa

AGRAÏMENTS

Sabent que els agraïments és la part més llegida d'una tesi, intentaré no oblidar-me ningú. Després de 4 anys de feixuga investigació, gràcies a la beca de Formació de Professorat Universitari del Ministeri d'Educació i Ciència, m'he adonat que he après a gaudir de la recerca, sobretot, per la capacitat didàctica que m'ha transmès el meu director, el Dr. Javier Martín-Vide, a qui personalment vull agrair la possibilitat d'haver realitzat aquesta tesi doctoral.

Professionalment, agraeixo la cessió de dades meteorològiques i/o certs suggeriments per a les anàlisis de la tesi al Dr. Dario Camuffo (Universitat de Pàdua), Sr. Fabio Monti (Universitat de Milà), Sr. Javi Miró (Centre d'Estudis Ambientals de la Mediterrània, Paterna, València), Sr. Joan Estrada (Andorra), Sr. Josep Pascual (l'Estartit), Dr. Jucundus Jacobeit (Universitat d'Augsburg), Dr. Miquel Grimalt (Universitat de les Illes Balears), Dr. Sergio Vicente-Serrano (Institut Pirenaic d'Ecologia, CSIC), Dr. Olivier Planchon (Centre Nacional de la Recerca Científica, França) i Dr. Òscar Saladié (Grup de Recerca del Canvi Climàtic, Universitat Rovira i Virgili); i a les següents institucions: Institut Nacional de Meteorologia (Sr. Joan Ramon Mercè i Sra. Sara Satué) i *Météo-France*. L'elaboració del capítol 4 no hagués estat possible sense l'estada a l'Institut d'Astrofísica de Canàries al 2004, sota la tutoria del Dr. Manuel Vázquez Abeledo, i al Grup de Recerca de l'Estratosfera de l'Institut Meteorològic de la Universitat Lliure de Berlín al 2005, gràcies a la Dra. Ulrike Langematz i a l'entranyable professora emèrita Dra. Karin Labitzke. Cal mencionar el suport econòmic rebut dels projectes IPIBEX (CGL2005-07664-C02-01) i REN (REN2001-2865-C02-01/CLI), i físic de les diferents infraestructures de les quals he disposat al llarg d'aquests darrers anys al Laboratori de Climatologia de la Universitat de Barcelona.

Personalment, vull agrair el bon acolliment que he tingut entre els membres del Grup de Climatologia de la Universitat de Barcelona: Javier, Mari Carmen, Raso, Albert, María José (també per la seva ajuda tècnica en ArcGIS), Marc, Lídia, Pere, etc., entre ells, mencionar especialment, l'amistat que m'uneix amb en César i l'Arturo, que juntament amb l'Antonio, han estat un punt de suport en els bons i mals moments de la recerca. També ho han estat els amics de diferents llocs i d'infància i adolescència, que prefereixo no anomenar per no deixar-me'n cap. Però, sobretot, qui m'ha ajudat sentimentalment a tirar endavant aquest projecte ha estat l'Ester, a qui vull agrair-li profundament. No són menys els agraïments que vull dedicar als meus pares, en Joan i la Rosa, que sempre han estat allà per a qualsevol cosa, al meu avi, i als meus segons pares, en Joan i la Rosa Maria. Especialment, a la Rosa Maria, qui m'ha ajudat en la revisió lingüística de la tesi.

Aprofito aquestes darreres línies per expressar el malestar que actualment es viu entre els joves investigadors en aquest país, on després de destinar diversos anys a la ciència, res els assegura un futur de continuïtat en els seus respectius àmbits d'estudi.

SUMARI

0 – Introducció	15
0.1. Presentació	17
0.2. Motivacions	18
0.3. Àrea d'estudi: els Països Catalans	19
0.4. Període d'estudi	20
0.5. Objectius generals	22
0.6. Hipòtesis més importants	22
0.7. Mètodes principals	23
0.8. Dades	23
0.9. Estructura de la tesi: objectius, mètodes i hipòtesis per capítol	24
0.10. Qüestions obertes	30
<i>Referències bibliogràfiques de la Introducció</i>	30
1 – Capítol 1: Definició de l'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental / Western Mediterranean Oscillation (WeMO) i càlcul del seu índex (WeMOi)	31
1.1. Antecedents	33
1.2. Definició de l'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental	35
1.3. Sèries del dipol baromètric: Pàdua – San Fernando (1821-2000)	38
1.3.1. Pàdua	38
1.3.1.1. Anàlisi de les dades del projecte IMPROVE	38
1.3.2. San Fernando (Cadis)	42
1.3.2.1. Homogeneïtzació del període 1821-1869 (germans Urrutia)	45
1.3.2.2. Homogeneïtzació de principis dels anys 90 del segle XX	46
1.3.2.3. Representació de la sèrie de pressió de San Fernando homogeneïtzada	51
1.4. Construcció del transecte de la WeMO	53
1.5. Càlcul dels valors del WeMOi	55
1.5.1. Resolució mensual, estacional i anual	55
1.5.2. Resolució diària	56
1.5.2.1. Procediment de càlcul	56
1.5.2.2. Ajustament de la sèrie diària de precipitació de l'Observatori Fabra 1951-2000 al dia D	61
1.5.2.3. Discrepància entre el dia meteorològic pluviomètric (de 7 h a 7 h UT) i el dia civil (de 0 h a 24 h UT) i la seva relació amb la pressió atmosfèrica diària	62
1.5.2.4. Distribució de freqüències del WeMOi diari (1951-2000)	63
1.6. Evolució temporal del WeMOi (1821-2000)	65
1.7. Correlació i validació del WeMOi amb altres índexs	66
<i>Referències bibliogràfiques del Capítol 1</i>	68

2 – Capítol 2: Definició de l'àrea d'estudi i aplicació de la WeMO	
a la seva precipitació	73
2.1. Justificació de l'àrea d'estudi	75
2.2. Climatologia dels Països Catalans	88
2.3. Elaboració de la base de dades	92
2.4. Fonts i validació de les dades	98
2.4.1. Fonts	98
2.4.2. Validació de les dades	98
2.4.2.1. Filtres	98
2.4.2.2. Existències	101
2.4.2.3. Coherència geogràfica	102
2.4.2.4. Balanç i homogeneïtzacions futures	105
2.5. Influència de la WeMO en la pluviometria dels Països Catalans	106
2.5.1. Territori continental (Catalunya Nord i Sud, Andorra, País Valencià i la Franja de Ponent)	106
2.5.1.1. Per mesos	106
2.5.1.2. Per estacions, semestres i anualment	110
2.5.2. Territori insular (Illes Balears)	113
2.5.2.1. Per mesos	113
2.5.2.2. Per estacions, semestres i anualment	115
2.5.3. Resum	117
2.6. Anomalies de precipitació dels Països Catalans en fases extremes de la WeMO	119
2.6.1. Països Catalans continentals	119
2.6.1.1. Fase extrema positiva de la WeMO ($WeMO_i > +1$)	119
2.6.1.2. Fase extrema negativa de la WeMO ($WeMO_i < -1$)	121
2.6.2. Països Catalans insulars	124
2.6.2.1. Fase extrema positiva de la WeMO ($WeMO_i > +1$)	125
2.6.2.2. Fase extrema negativa de la WeMO ($WeMO_i < -1$)	125
2.6.3. Resum	127
2.7. Aplicació diària del WeMOi	128
2.7.1. Correlacions entre la precipitació dels 7 observatoris i el WeMOi, el NAOi i la pressió de San Fernando a resolució diària	128
2.7.2. El WeMOi a resolució diària com a eina de predicció d'episodis de precipitació intensa i torrencial	133
2.7.2.1. Distribució del WeMOi diari d'episodis torrencials	133
2.7.2.2. Anàlisi de freqüències d'episodis de distints llimars segons el valor diari del WeMOi	137
2.7.2.3. Avaluació de l'ús del WeMOi per al càlcul de freqüències pluviomètriques a resolució diària a l'àmbit dels Països Catalans	140
2.8. Establiment del calendari de la WeMO	143
<i>Referències bibliogràfiques del Capítol 2</i>	146

3 – Capítol 3: Tendències i cicles del WeMOi: els efectes en la variabilitat

pluviomètrica dels Països Catalans	149
3.1. Anàlisi de tendències i de fases de la WeMO: 1821-2000	151
3.2. Anàlisi de tendències, fases de la WeMO i d'altres patrons de teleconnexió durant els períodes recents: 1901-2000 i 1951-2000	156
3.2.1. 1901-2000	156
3.2.2. 1951-2000	157
3.2.3. Fases de la WeMO en relació amb l'AO	160
3.2.3.1. Hivern (DGFM)	160
3.2.3.2. Tardor (SON)	165
3.3. L'AO i la pluviometria dels Països Catalans	168
3.3.1. Relacions entre l'AO i la WeMO	168
3.3.2. Correlacions entre l'AOi i la pluviometria dels Països Catalans	168
3.3.3. Les similituds entre l'AO i les diferències absolutes de les correlacions del WeMOi i el NAOi amb la pluviometria dels Països Catalans	177
3.3.4. La pluviometria dels Països Catalans en les fases extremes de l'AO	179
3.4. Anàlisi de tendències de la pluviometria dels Països Catalans (1951-2000)	181
3.5. Anàlisis espectral dels índexs dels patrons de teleconnexió (1901-2000) i de la pluviometria dels Països Catalans (1951-2000)	193
3.5.1. Anàlisi espectral del WeMOi i de l'AOi (1901-2000)	193
3.5.1.1. Hivern (DGFM)	193
3.5.1.2. Tardor (SON)	195
3.5.2. Anàlisi espectral de la pluviometria dels Països Catalans (1951-2000)	196
3.5.2.1. Hivern (DGFM)	198
3.5.2.2. Tardor (SON)	202
3.6. Autopredicció del WeMOi	205
3.7. Anàlisi de l'evolució temporal de la variabilitat pluviomètrica: 1951-1975 i 1976-2000	209
3.7.1. Països Catalans continentals	210
3.7.1.1. Tardor (SON)	210
3.7.1.2. Hivern (DGF)	212
3.7.1.3. Primavera (MAM)	215
3.7.1.4. Semestre fred (d'octubre a març)	218
3.7.1.5. Anual	221
3.7.2. Països Catalans insulars	223
3.7.3. Síntesi de la relació entre les evolucions del WeMOi i la pluviometria als Països Catalans	225

3.8. Evolució temporal de la pluviometria estacional i anual dels Països Catalans per regions segons els patrons de teleconnexió	226
3.8.1. Tardor (SON)	228
3.8.2. Hivern (DGF)	229
3.8.3. Primavera (MAM)	230
3.8.4. Semestre fred (ONDGFM)	231
3.8.5. Anual	232
3.9. Evolució temporal de la pluviometria a resolució diària del litoral dels Països Catalans segons la WeMO	233
3.9.1. <i>Concentration Index</i> (CI) i Intensitat Diària (ID)	233
3.9.1.1. Anual	234
3.9.1.2. Tardor (SON)	236
3.9.1.3. Hivern (DGF)	237
3.9.1.4. Síntesi de l'evolució de la torrencialitat als Països Catalans	237
3.9.2. Freqüència dels episodis de precipitació en 24 h	240
3.9.2.1. Anual	240
3.9.2.2. Tardor (SON)	241
3.9.2.3. Hivern (DGF)	241
3.9.2.4. Primavera (MAM)	242
3.9.2.5. Estiu (JJA)	243
3.9.3. Evolució del calendari de la WeMO i el paper de la temperatura del mar	243
3.9.4. Distribució freqüencial dels valors diaris del WeMOi	249
3.9.5. Les cadenes de Markov i les seqüències plujoses	252
3.9.5.1. Anual	253
3.9.5.2. Hivern (DGF)	256
3.9.5.3. Ajustament de les cadenes de Markov a les freqüències empíriques	258
3.9.6. Anàlisi de l'evolució dels valors extrems negatius del WeMOi diari	261
3.9.7. Síntesi final de l'evolució de la irregularitat pluviomètrica diària dels Països Catalans	263
3.10. Illes Balears – Catalunya: pluviometries oposades?	264
3.11. Consideracions sobre la pluviometria hivernal futura dels Països Catalans segons els patrons de teleconnexió	266
<i>Referències bibliogràfiques del Capítol 3</i>	268

4 – Capítol 4: L'Estratosfera i la WeMO	271
4.1. L'estratosfera com a nou referent en la predicció meteorològica de la troposfera	273
4.2. Els MMW- <i>coolings</i> i la precipitació als Països Catalans	275
4.2.1. Introducció als MMW i <i>coolings</i>	275
4.2.2. Factors que condicionen en el comportament del vòrtex polar	279
4.2.2.1. Activitat solar – QBO	279
4.2.2.2. ENSO	282
4.2.2.3. Vulcanisme tropical	284
4.2.2.4. Els gasos d'efecte hivernacle	286
4.2.2.5. Taula resum de les anomalies	288
4.2.3. Acoblament estratosfera-troposfera	289
4.2.4. Anomalies pluviomètriques als Països Catalans en l'ocurrència de MMW i <i>coolings</i>	293
4.2.4.1. Gener	296
4.2.4.2. Febrer	299
4.2.4.3. Març	302
4.2.4.4. Resum de la influència en els tres mesos	
4.2.5. Les modulacions dels factors en la pluviometria sense mesurar la intensitat de la transmissió de les anomalies a la troposfera	310
4.2.5.1. La modulació neta de la relació activitat solar – QBO en la pluviometria dels Països Catalans	310
4.2.5.2. L'activitat solar i la precipitació dels Països Catalans	312
4.2.5.3. El vulcanisme tropical i la precipitació dels Països Catalans	318
4.3. Els gasos d'efecte hivernacle i l'augment de la torrencialitat als Països Catalans	322
4.3.1. La dualitat del forçament dels gasos d'efecte hivernacle	322
4.3.2. Els gasos d'efecte hivernacle en la seva influència hivernal	323
4.3.2.1. Patrons de circulació sobre Europa Occidental en hiverns d'AO de fase extrema	324
4.3.2.2. Evolució dels patrons de circulació hivernals a Europa Occidental	328
4.3.2.3. Altres consideracions finals	330
4.3.3. Els gasos d'efecte hivernacle i la seva influència en la transició hivern-primavera (març)	333
4.4. Organigrama de síntesi a mode de conclusió	346
<i>Referències bibliogràfiques del capítol 4</i>	347

5 – Capítol 5: Aplicacions a resolució diària del WeMOi	353
5.1. Potencialitats de la resolució diària dels patrons de teleconnexió regionals	355
5.2. Aplicacions	356
5.2.1. Classificació pluviomètrica d'episodis de precipitació segons la fase de la WeMO	356
5.2.2. El calendari de la WeMO i l'evolució temporal dels episodis de torrencialitat extrema	359
5.2.2.1. Introducció	359
5.2.2.2. Catalunya (1951-2000)	359
5.2.2.3. País Valencià (1951-2000)	361
5.2.3. WeMOi: Criteri objectiu de selecció de brisa marina al sud dels Països Catalans (Alacant)	365
5.2.3.1. Resum	365
5.2.3.2. Objectiu, dades i mètodes	365
5.2.3.3. Anàlisi i discussió de resultats	366
5.2.3.4. Avaluació del criteri de selecció [-1, 1]	367
5.2.3.5. Conclusions i treball futur	368
5.2.4. El WeMOi i la intensitat de l'illa de calor de Barcelona	369
5.2.4.1. Resum i objectiu	369
5.2.4.2. Dades i mètodes	369
5.2.4.3. Anàlisi	369
5.2.4.4. Resultats	370
5.2.4.5. Conclusions	371
<i>Referències bibliogràfiques del capítol 5</i>	372
6 – Conclusions	373
6.1. Capítol 1	375
6.2. Capítol 2	376
6.3. Capítol 3	377
6.4. Capítol 4	380
6.5. Capítol 5	382
6.6. Conclusions principals	383
6.7. Comentaris finals	384
7 – Annex	385
7.1. Llistat d'acrònims i simbologies més rellevants	387
7.2. Llistat d'aclariments toponímics	388
7.3. Altres aclariments generals	389
7.4. Índex de Figures	390
7.5. Índex de Taules	398