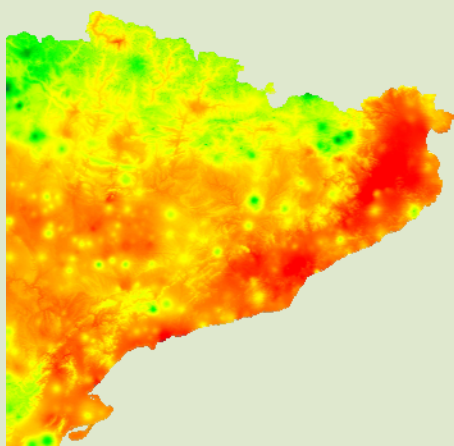




PROJECTE FACTORS DE CANVI

Base de dades referent a factors de canvi
l·ligats a:

- Qüestions climàtiques

Informe final d'execució 2017
14/12/2017
v.1.

Cristina Domingo
Xavier Pons



Generalitat de Catalunya
Departament de Territori i Sostenibilitat
**Direcció General de Polítiques Ambientals
i Medi Natural**

Índex

1.	Introducció	3
2.	Metodologia	4
2.1.	Indicador de sequera: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) 4	
2.2.	Càlcul de recurrència de sequeres de curt i llarg termini de més de 3 mesos i 7 mesos consecutius.	5
2.3.	Definició de l'àrea d'estudi: malla de treball	5
3.	Resultats.....	6
3.1.	Sequeres a curt termini – SPEI 3-mesos.....	6
3.2.	Sequeres a llarg termini o residents – SPEI 24-mesos	7
3.3.	Complementarietat dels indicadors SPEI 3 i SPEI 24.....	9
3.4.	Recurrències d'episodis de sequera de curt i llarg termini de més de 3 mesos consecutius i més 7 mesos consecutius.....	9
4.	Productes generats	10
5.	Proposta de tasques futures	11
6.	Bibliografia	12

1. Introducció

En el context dels Espais Protegits de Catalunya es vol disposar d'una llista d'indicadors que permetin fer els seguiments de les amenaces d'aquests ecosistemes.

La Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural ha acordat els serveis del CREAM, i concretament del Grup Mètodes i Aplicacions en Teledetecció i Sistemes d'Informació Geogràfica (GRUMETS), per realitzar una base referent a factors de canvi lligats a qüestions climàtiques, entre d'altres. La proposta d'indicadors acordada inclou l'índex de sequera Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI).

L'informe que es presenta a continuació correspon al recull del treball realitzat l'any 2017 pel CREAM, en relació als resultats obtinguts en la generació d'una base d'indicadors de sequera que permet monitoritzar els episodis de sequera i la recurrència espacial d'aquests. Aquesta base s'ha generat a partir de la base climàtica preparada durant l'any 2016 en el context del mateix projecte. Enguany, i per tal de millorar la base, les series s'han ampliat fins al 2015, ja que és el darrer any amb series completes per a totes les estacions.

El treball representa un pas més en la consolidació de mètodes de seguiments de factors de canvi lligats a qüestions climàtiques en el Espais Protegits de Catalunya i les seves zones circumdants.

En el següents apartats es detalla la metodologia emprada i es descriuen els productes generats.

2. Metodologia

Des de la perspectiva de la climatologia i l'estadística, es poden usar diverses eines per analitzar i monitoritzar episodis de sequera, però les més usades són els indicadors de sequera. En el context d'aquest projecte s'ha escollit treballar amb l'índex de sequera Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) atès els bons resultats obtinguts prèviament pels GRUMETS (Domingo-Marimon, 2016; Domingo-Marimon et al., 2015). Per poder realitzar futures anàlisis a escala local és indispensable disposar de dades contínues a nivell espacio-temporal a una alta resolució tant espacial com temporal. És per això que la base de dades es generarà de forma mensual en cada any i a una resolució de píxel de 100 m.

2.1. Indicador de sequera: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)

Per poder fer seguiment de sequeres és essencial la interpretació quantitativa de la sequera en si mateixa, però sobretot aconseguir i mantenir la perspectiva de continuïtat espacial i temporal d'aquest tipus d'esdeveniments. La visió quantitativa de la sequera s'aconsegueix a partir dels indicadors de sequera, com per exemple el Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) que es calcula a partir de dades de precipitació, de temperatura mitjana i latitud, i que retorna com a resultat un únic valor numèric fàcilment interpretable per l'usuari final, millorant en última instància la presa de decisions.

L'índex SPEI, que prové del treball de Vicente-Serrano et al., (2010), té en compte tant el dèficit de precipitació com els canvis en la demanda d'evapotranspiració a nivell espacial, i ho fa a múltiples escales temporals. D'aquesta manera, no només es considera l'aportació d'aigua meteorològica sinó també la demanda d'aigua per part dels ecosistemes vegetals.

El càlcul local de l'SPEI per un període específic de temps requereix dipositar d'una base de dades regular de precipitació i temperatura mitjana contínua a nivell espacio-temporal de com a mínim 50 anys (tal com s'ha dit prèviament, en aquest cas de forma mensual amb una resolució espacial de 100 m). Per aquest treball es disposa de dades des del gener de 1950 fins al desembre de 2015.

A partir de la sèrie de temperatura s'estima l'evapotranspiració potencial (ETp) i la diferencia entre la ETp i la precipitació es modelitza usant una distribució log-logística de 3 paràmetres, la funció de distribució acumulativa de la qual és finalment transformada a una variable estandarditzada. Com a resultat, l'SPEI té una mitjana de 0 i una desviació estàndard de 1. Així doncs, aquest índex és útil per comprar la sequera en diferents llocs del territori i entre diferents estacions de l'any.

El nivell d'anomalies de l'índex es classifica en diverses categories, detallades a la Taula 1.1. Valors negatius de l'SPEI indiquen menys precipitació que la precipitació mitjana del lloc i, per tant episodis de sequera. Valors positius indiquen més precipitació que la precipitació mitjana del lloc i, per tant, episodis d'increment d'aportació d'aigua meteorològica. El valor -1 és considerat el llindar per identificar un episodi de sequera, que es donarà per finalitzat en el moment en què l'índex incrementi de -1. Així doncs, podem tenir un indicador probabilístic de la intensitat de cada esdeveniment, sigui de sequera o humitat.

Un dels avantatges d'aquests tipus d'indicadors es la possibilitat de calcular-los per múltiples escales temporals. Les escales temporals més usades són les de 3 mesos i 24 mesos, tot i que també es poden calcular les de 6, 9, 12, 18, 36 i 48 mesos.

Cada una de les escales temporals correspon a unes condicions específiques i té la seva pròpia interpretació.

Taula 1.1. Llíders de SPEI usats per classificar les condicions de sequera i la probabilitat d'ocurrència.

Valor Index	Classe de sequera	Probabilitat (%)
≥ 2.0	Extremadament humit	2.3
1.5~2.0	Molt humit	4.4
1.0~1.5	Moderadament humit	9.2
-1.0~1.0	Normal	68.2
-1.5~-1.0	Moderadament sec	9.2
-2.0~-1.5	Sequera severa	4.4
≤ -2.0	Sequera extrema	2.3

Per exemple, un SPEI calculat a una escala temporal de 3 mesos (a partir d'ara anomenat SPEI 3-mesos) identifica anomalies a curt termini proporcionant una estimació estacional de la precipitació/evapotranspiració, amb conseqüències a curt termini sobre la vegetació. En canvi, un SPEI calculat a una escala temporal de 24 mesos (a partir d'ara anomenat SPEI 24-mesos) caracteritza patrons de sequera a llarg termini i està relacionat amb sequeres residents que afecten nivells de reserva d'aigua més profunds en el sòl, com els aqüífers.

Aquest índex s'ha generat amb el programari MiraMon (Pons, 2017).

2.2. Càlcul de recurrència de sequeres de curt i llarg termini de més de 3 mesos i de més de 7 mesos consecutius.

Aquest tipus d'anàlisi és rellevant per destacar àrees regularment afectades per episodis de sequera, o bé àrees que aparentment es consideren zones meteorològicament humides però que en realitat estan força afectades per sequeres. La anàlisi es basa en el recompte del nombre d'episodis consecutius de sequera que perduren un mínim de 3 mesos consecutius o bé un mínim de 7 mesos consecutius (aquests últims representatius d'episodis amb més efectes nocius) que hagin tingut lloc durant els últims 67 anys. La recurrència s'ha calculat en base a l'SPEI 3-mesos i a l'SPEI 24-mesos.

Es fa notar que els episodis de sequera de 3 mesos o 7 mesos consecutius basats en l'SPEI 3-mesos (sequeres a curt termini) són menys freqüents atesa l'alta variabilitat de l'escala temporal de 3 mesos, aquests episodis reflecteixen el comportament més similar a la meteorologia real en un moment i lloc determinat.

En canvi, el comportament de la sèrie de sequeres a llarg termini (SPEI 24-mesos) presenta una tendència més suavitzada i, per tant, és més freqüent identificar episodis de sequera de 3 mesos consecutius o 7 mesos consecutius.

Les àrees identificades en aquesta anàlisi són considerades d'alta importància i es recomana fer-ne un seguiment específic.

2.3. Definició de l'àrea d'estudi: malla de treball

La malla de treball és la proposada en l'acord del projecte amb un espaiat de 100 m. Les coordenades de l'àmbit en UTM 31N-ETRS89 i en metres són:

minX= 258885 maxX= 528205 minY=4487385 maxY=4748645

Aquestes coordenades inclouen un buffer de 500 m a banda i banda per evitar problemes de frontera. Pel cas dels mapes de sequera, les coordenades s'han adaptat atès que les proposades no són múltiples de 100 m. Així doncs, les coordenades finals són:

minX=258885

maxX=528285

minY=4487345

maxY=4748645

3. Resultats

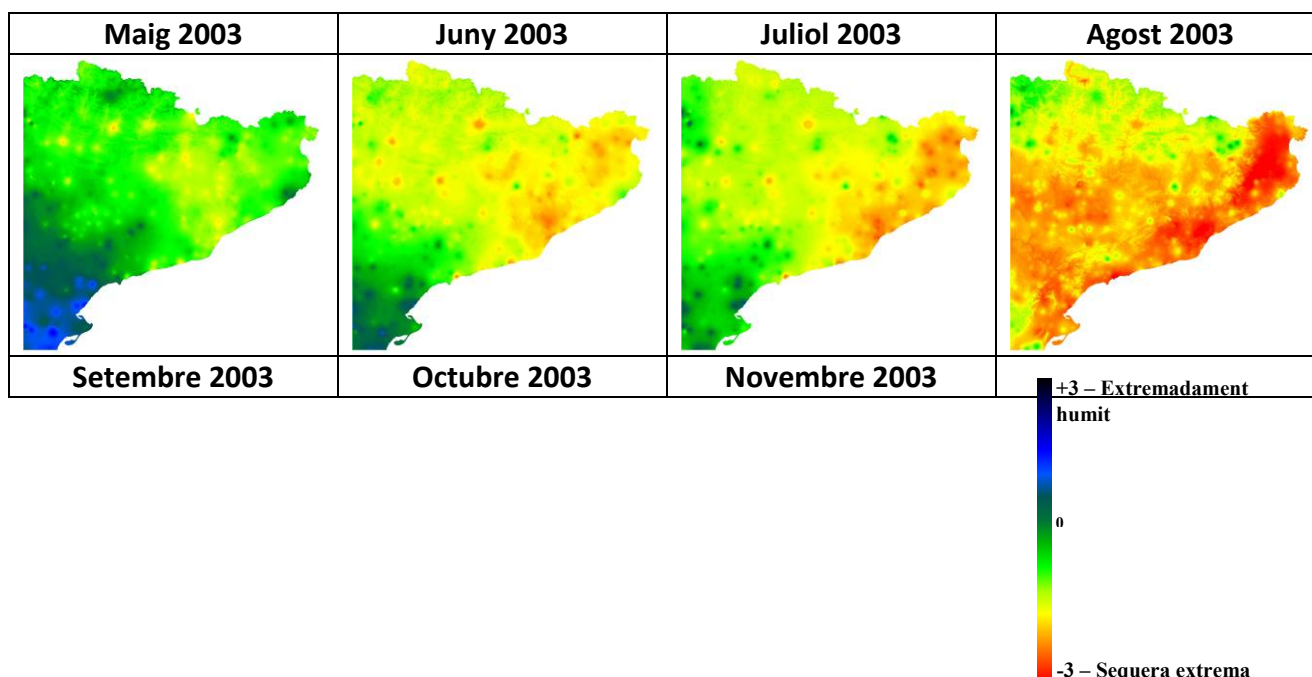
3.1. Sequeres a curt termini – SPEI 3-mesos

L'indicador SPEI 3-mesos informa de les possibles afectacions de sequera a espècies de cicle de vida curt (pocs mesos) ja que l'episodi de sequera descrit es pràcticament immediat en el temps. Aquest tipus de sequeres afecten la vegetació que té poc accés a reserves d'aigua profunda o bé aquella el cicle fenològic de les quals determina l'èxit de la productivitat i la reproducció durant un període limitat en el temps, per exemple, vegetació de sotabosc no arbustiva.

En la Figura 3.1, s'observen els indicadors de final de la primavera, estiu i tardor del 2003 en el quals es pot veure com al maig la zona sud de Catalunya gaudia moderadament de més pluges que la mitjana dels últims 67 anys pel mateix mes, mentre que la zona central de Catalunya (Solsonès, Bages, Berguedà, Vallès Oriental i Vallès Occidental) començava patir sequera. Aquesta onada de sequera s'amplià durant el mes de juny fins afectar tota la meitat nord de Catalunya. El més de juliol, l'expansió va disminuir però incrementà la severitat de l'episodi, sobretot a la costa del litoral nord. Al mes d'agost l'episodi de sequera arribà al seu màxim, tant a nivell espacial com d'intensitat. Tot Catalunya, fins hi tot la zona sud del Delta de l'Ebre va acabar patint l'anomalia, que es va fer especialment severa al llarg de la costa catalana i a la zona interior de la plana de Lleida. Al mes de setembre, la situació meteorològica va recuperar el seu patró normal, excepte en alguns punts del territori, i durant els mesos d'octubre i novembre la situació meteorològica va passa a ser més humida del normal per l'època.

Així doncs, gràcies a aquests indicadors sabem que la zona central de Catalunya i la costa litoral, sobretot la part nord, van estar severament afectades per sequera durant l'estiu del 2003. Les zones de les Gavarres, Collserola o el Montgrí van estar sotmeses a diversos mesos seguits de sequera climàtica, la qual va tenir conseqüències directes sobre la vegetació.

Aquest és el comportament típic d'una sequera d'estiu de clima mediterrani.



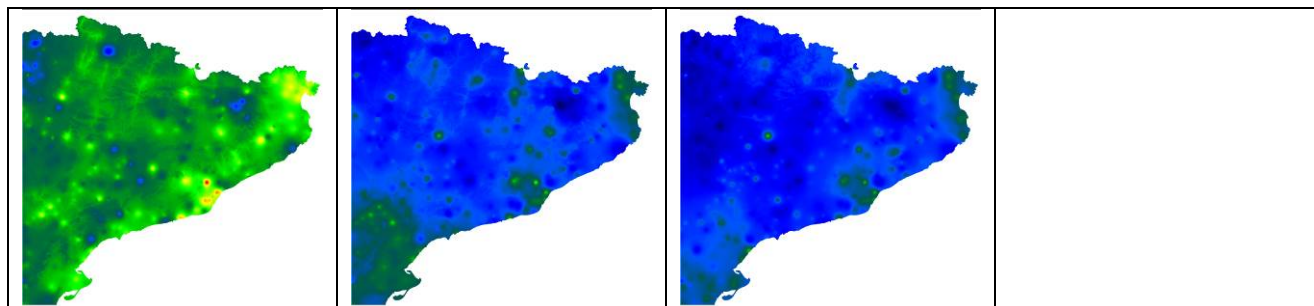


Figura 3.1. Seqüència de l'indicador SPEI 3-mesos pel període primavera, estiu i tardor del 2003.

En canvi, l'any 2007 (vegeu Figura 3.2) va començar amb un gener molt sec a tot el territori però la normalitat meteorològica, i fins hi tot més plujosa, es va restablir fins la tardor, moment en què va aparèixer un període moderadament sec a la zona nord oest del territori que es va mantenir fins a finals d'any.

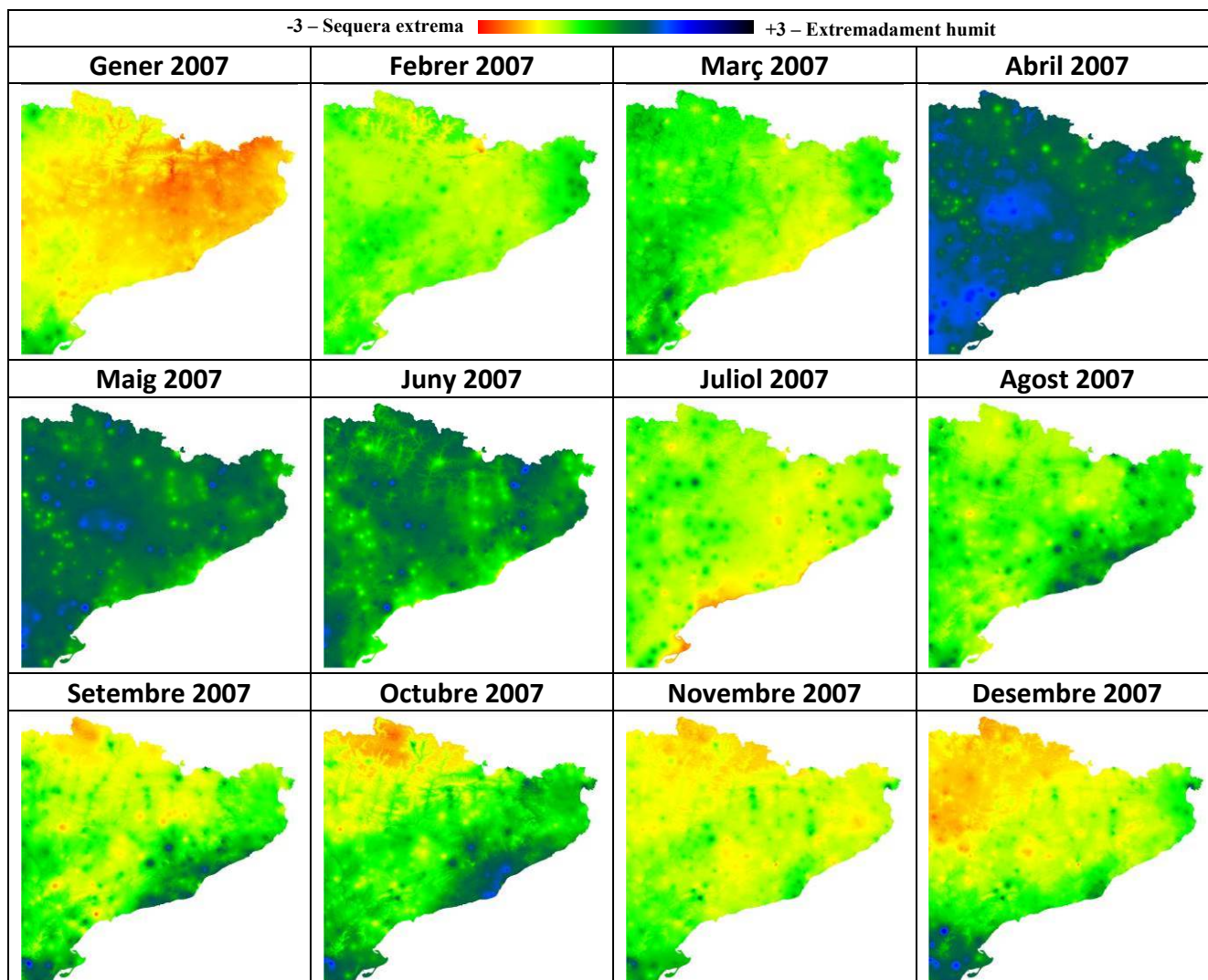


Figura 3.2. Seqüència de l'indicador SPEI 3-mesos per l'any 2007.

3.2. Sequeres a llarg termini o residents – SPEI 24-mesos

L'indicador SPEI 24-mesos informa de les possibles afectacions de sequera a espècies de cicle de vida llarg (anys) ja que l'episodi de sequera descrit ve prolongat en el temps derivant en afectacions d'aigua profunda. Aquest tipus de vegetació pot tolerar una sequera d'estiu com la

mostrada en l'apartat anterior perquè les seves arrels tenen la capacitat de penetrar més endins, accedint a reserves d'aigua en les capes més profundes del sòl. Són, doncs, espècies arbustives les que tenen aquesta capacitat. Tot i així, quan fa molts mesos que la situació meteorològica tendeix a ser negativament anòmla, aquestes reserves poden acabar per esgotar-se. Les sequeres residents, aquelles sequeres que es donen en un moment puntual però la conseqüència de les quals arrossega la falta d'aigua en el temps, són perilloses per tal com no es poden identificar amb dades meteorològiques en temps mes o menys real (com per exemple les de SPEI 3-mesos).

En la seqüència de l'SPEI 24-mesos per l'any 2007 (Figura 3.3) s'aprecia un patró completament diferent a les del mateix període per l'SPEI 3-mesos. Mentre que en temps quasi real la situació meteorològica a Catalunya era relativament positiva pel que fa a precipitació i anomalies de sequera, tal com s'aprecia en l'exemple de la Figura 3.2, el territori encara estava patint les conseqüències d'una sequera anterior (24 mesos, any 2005) que indicava uns nivells de sequera extrems, sobretot durant els mesos d'hivern i tardor, períodes que sota unes condicions meteorològiques normals haurien de ser més humits.

Aquest indicador és especialment important de tenir en compte per poder preveure mesures d'actuació en cas que una sequera resident coincideixi en espai i temps amb una sequera en temps real, com es mostra en la secció 3.3.

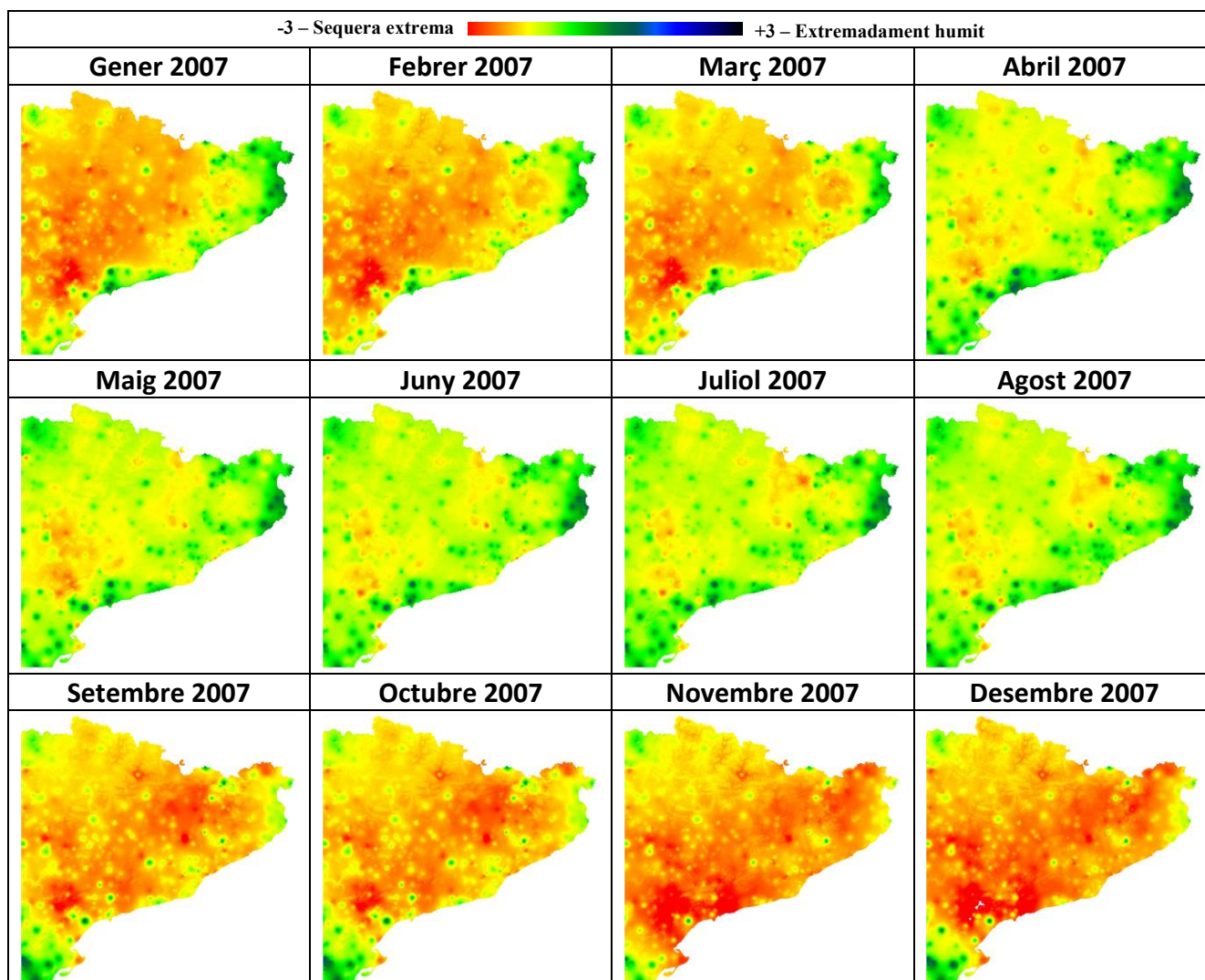


Figura 3.3. Seqüència de l'indicador SPEI 24-mesos per l'any 2007.

3.3. Complementarietat dels indicadors SPEI 3 i SPEI 24

Considerar indicadors a diferents escales temporals de forma simultània millora la comprensió de les variacions espacio-temporals d'un episodi de sequera. Efectivament, en tenir en compte diferents escales temporals es poden identificar fàcilment episodis de sequera o de més pluja del normal simultanis en espai i temps, tal com s'ha demostrat en el cas de l'any 2007.

Adicionalment, aquest tipus d'anàlisis també permet identificar dos episodis simultanis de sequera en espai i temps, l'episodi de sequera en temps real i l'episodi de sequera resident, que junts poden desencadenar conseqüències negatives encara més importants. Aquest és el cas de l'episodi de sequera de l'hivern-primavera de l'any 2007-2008, durant el qual la Generalitat va establir un Decret de Sequera. Tal com mostren els indicadors de sequeres a curt termini, l'any 2007 va ser un any relativament humit i normal en relació a les precipitacions mitjanes. Les condicions meteorològiques generals de l'any eren bones, però en canvi quedaven residents les conseqüències de la gran sequera del 2005, tal com mostra l'indicador SPEI 24 mesos. A finals del 2007 i una mica a principis del 2008 (vegeu Figura 3.4), la situació meteorològica al territori va empitjorar. La simultaneïtat de la sequera resident i la nova sequera va desencadenar una situació d'emergència excepcional a tot el territori. Finalment, al maig i juny del 2008, les precipitacions van arribar i la situació es va poder redreçar.

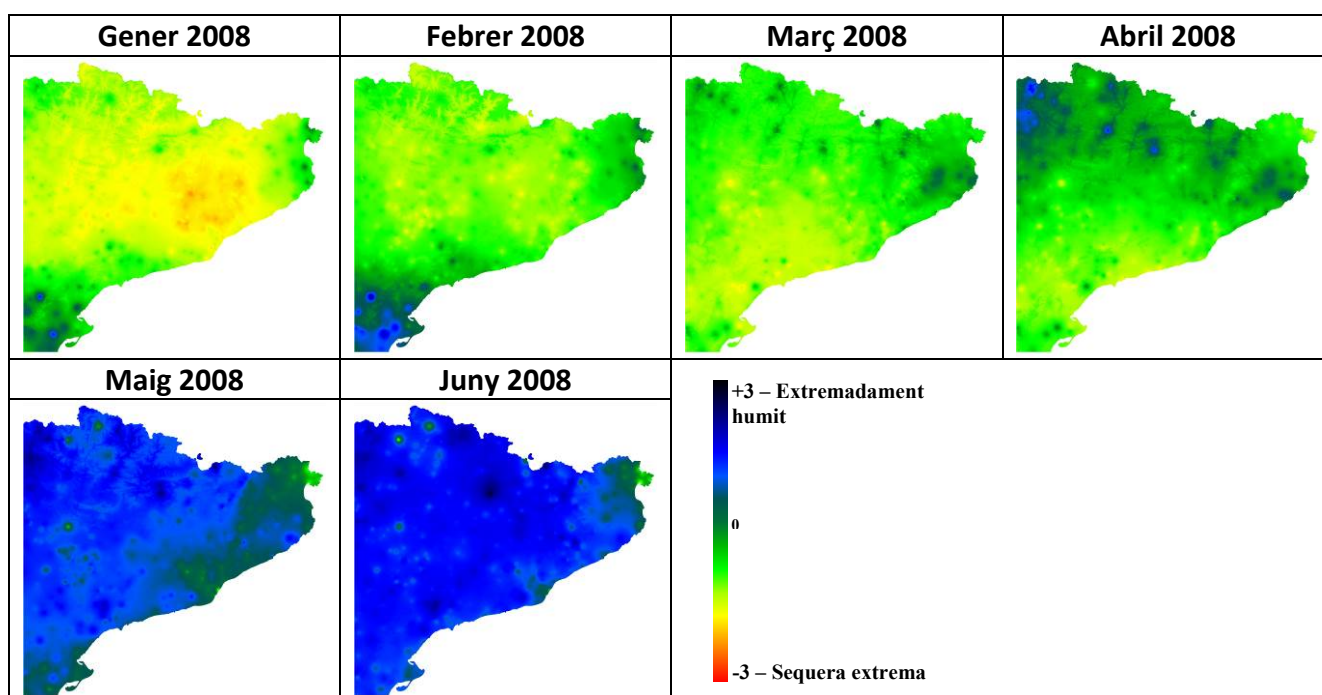


Figura 3.4. Seqüència de l'indicador SPEI 3-mesos per la primera meitat de l'any 2007.

3.4. Recurrències d'episodis de sequera de curt i llarg termini de més de 3 mesos consecutius i més 7 mesos consecutius

L'anàlisi de recurrència d'episodis de sequera de curt i llarg termini de més de 3 mesos consecutius i més de 7 mesos consecutius s'ha fet pel període 2010-2015. Aquesta anàlisi permet identificar quines zones han patit sequeres recurrents per aquest període de 5 anys.

Durant aquest període, la zona on els episodis de sequera de curt termini de més de tres mesos consecutius han estat més freqüents (Figura 3.5 columna SPEI 3) ha estat la part oest del territori, amb 2 o més episodis de 3 mesos consecutius. Les àrees afectades per sequeres de curt termini de 7 o més mesos consecutius queden reduïdes a uns pocs nuclis.

En canvi, la zona on els episodis de sequera de llarg termini de més de tres mesos consecutius han estat més freqüents (Figura 3.5 columna SPEI 24) ha estat la meitat sud territori, amb 2 o més episodis de 3 mesos consecutius. Les àrees afectades per sequeres de llarg termini de 7 o més mesos consecutius ha estat la meitat oest i la costa litoral del territori, especialment a la zona del cinturó de Barcelona: les comarques del Vallès Occidental i Oriental, Maresme i Baix Llobregat.

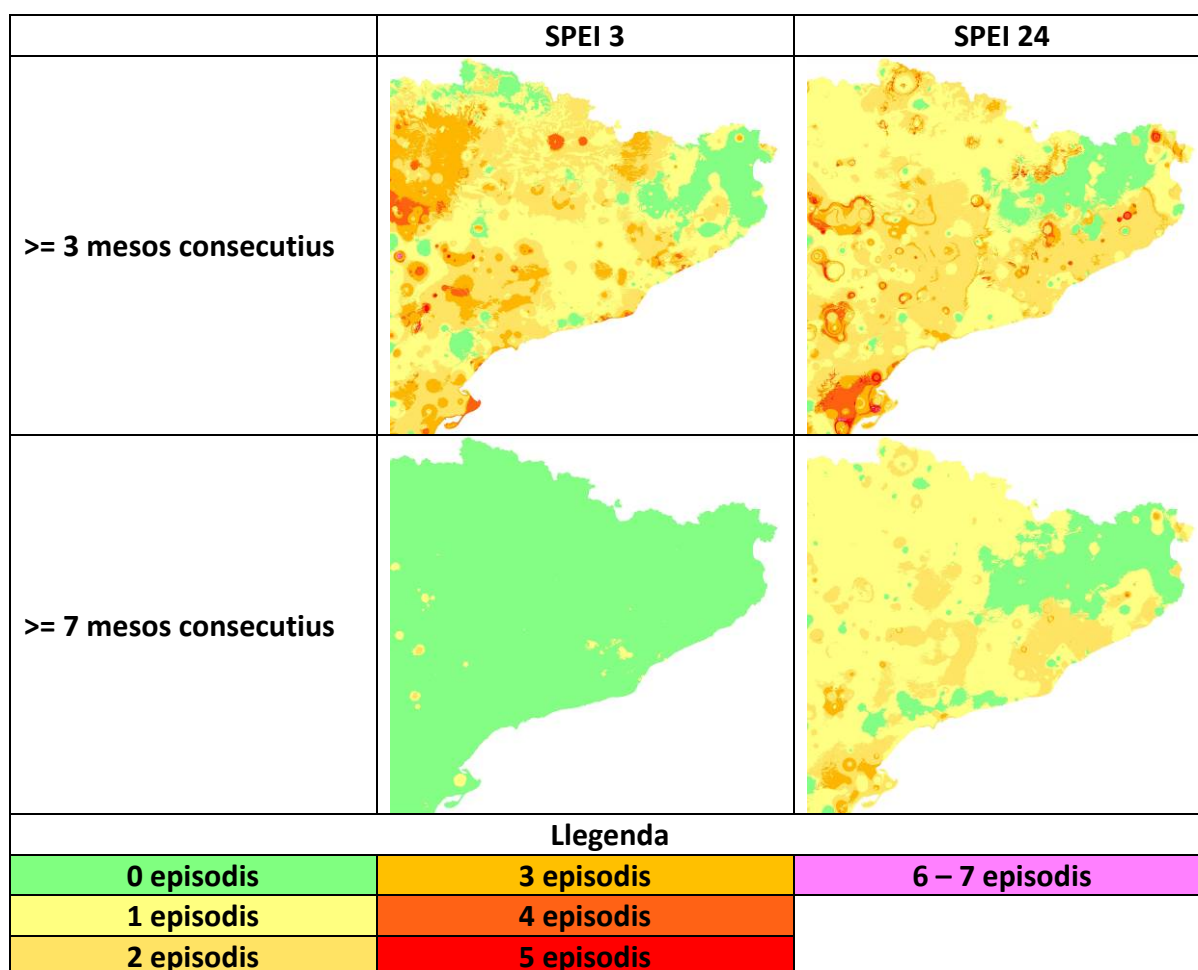


Figura 3.5. Freqüència dels episodis de sequera de més de 3 mesos consecutius o 7 mesos consecutius per SPEI 3 i SPEI 24 en el període 2010-2015.

4. Productes generats

Amb la voluntat de facilitar la interpretació de les dades a l'usuari final, s'adjunta el present informe:

- Sequeres a curt termini (20.7 Gbyte):
 - o Format: Mapes en format ràster IMG
 - o Resolució temporal: mensual
 - o Resolució espacial: 100 m * 100 m
 - o Període: març de 1950 fins desembre de 2015

- Sequeres a llarg termini (20.1 Gbyte):
 - o Format: Mapes en format ràster IMG
 - o Resolució temporal: mensual
 - o Resolució espacial: 100 m * 100 m
 - o Període: desembre de 1951 fins desembre de 2015
- Recurrència de sequeres (26.8 Mbyte):
 - o Format: Mapes en format ràster IMG
 - o Resolució temporal: multi-anual
 - o Resolució espacial: 100 m * 100 m
 - o Període: des de 2010 fins 2015 inclosos

5. Proposta de tasques futures

En el context del projecte Factors de Canvi, els espais protegits naturals de Catalunya tenen un paper destacat. Efectivament, un cop generada la base de dades a nivell espacio-temporal de forma contínua per tot el territori cal preparar les dades per al que siguin fàcilment consultables i informatives pels gestors dels territoris.

Amb aquesta finalitat es proposa enriquir una base vectorial dels espais naturals protegits de Catalunya (o qualsevol base que s'acordi amb el Departament) amb tota la informació generada (climàtica, en aquest cas, però també amb altres dades del projecte com els índexs de vegetació generats el 2015 pel CTFC en el marc d'aquest mateix projecte), de manera que sigui consultable des de qualsevol programari SIG. La base vectorial permetria incloure qualsevol tipus de A continuació es mostra un exemple del que es pot preparar en un futur (Figura 6.1) i el tipus de dades annexes que es poden generar (Figura 5.2).

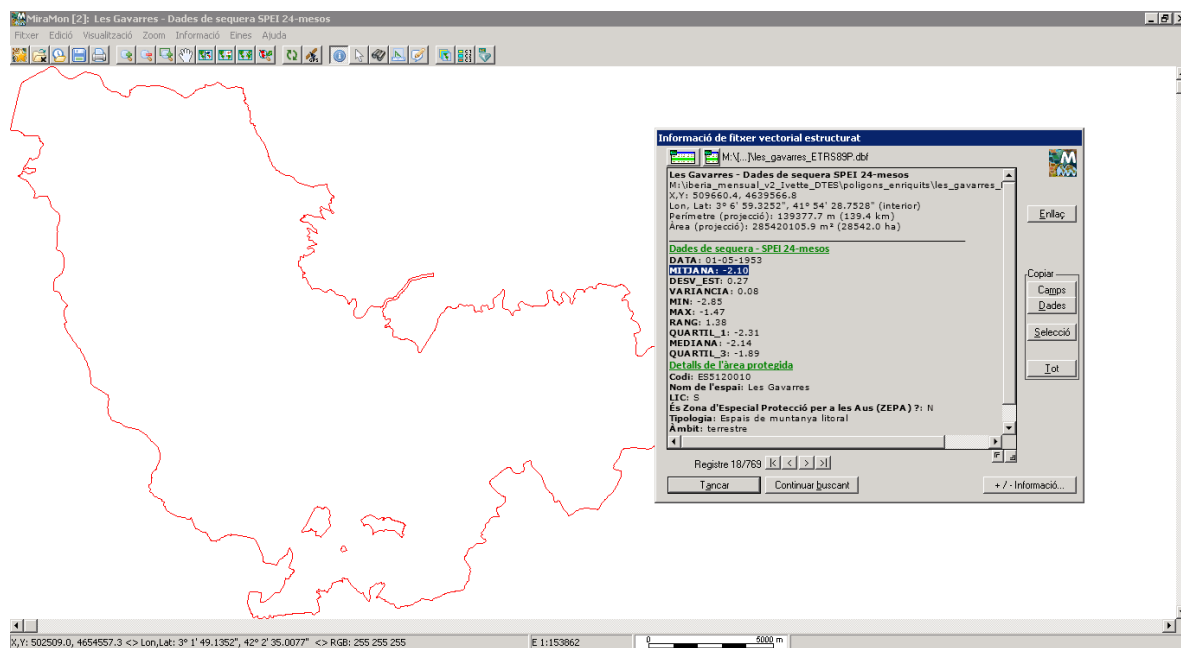


Figura 6.1. Exemple de base de dades consultable enriquida amb la informació provinent de l'indicador de sequera SPEI 24-mesos.

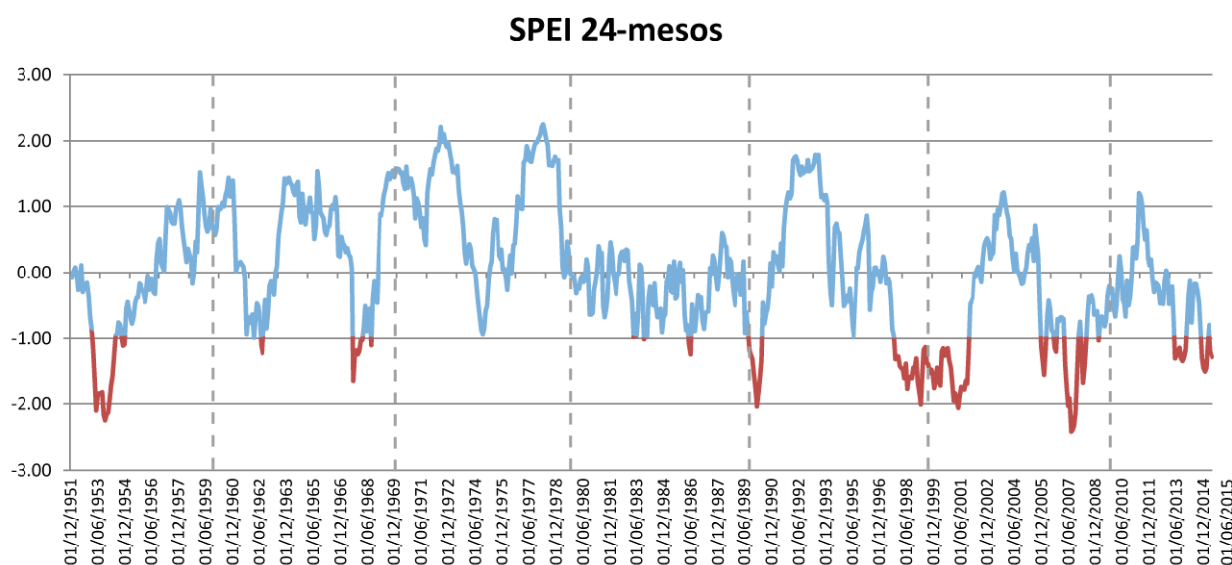


Figura 5.2. Exemple de gràfica de l'indicador de sequera de SPEI 24-mesos per l'Espai Xarxa Natura 2000 de Les Gavarres.

6. Bibliografia

- Domingo-Marimon, C., 2016. Contributions to the knowledge of the multitemporal spatial patterns of the Iberian Peninsula droughts from a Geographic Information Science perspective. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Domingo-Marimon, C., Pesquer, L., Cristóbal, J., Pons, X., 2015. Integration of climate time series and MODIS data as an analysis tool for forest drought detection, in: Andreu, J., Solera, A., Paredes-Arquiola, J., Haro-Monteagudo, D., Van Lanen, H.A.J. (Eds.), Drought. Research and Science-Policy Interfacing. CRC Press, Taylor & Francis Group, p. 514.
- Pons, X., 2017. MiraMon. Geographical information system and remote sensing software. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF).
- Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., 2010. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate* 23, 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>