



Universitat Autònoma de Barcelona

**FACULTAT DE CIÈNCIES**

**Secció de Ciències Ambientals**

**INFLUÈNCIA DEL CLIMA EN LA FENOLOGIA  
DE LA FLORACIÓ DE *Globularia alypum***

**Anàlisi a partir de mostres d'herbari**

Memòria del Projecte de Fi de Carrera de Ciències Ambientals

Presentada per: Albert Clavaguera Casadevall

Dirigida per: Dr. Marc Estiarte Garrofé

Dr. Josep Peñuelas Reixach

Bellaterra, a 28 de juny de 2012

Aquest projecte ha estat imprès amb paper reciclat per tal de minimitzar l'impacte al medi ambient.

# Agraïments

Després de quatre anys, estic a punt de tancar una nova etapa de la meua vida. Si els exàmens surten com espero, després de presentar aquest projecte hauré acabat la carrera de Ciències Ambientals. Per això, voldria dedicar unes paraules a totes les persones que m'han facilitat el desenvolupament d'aquest projecte.

En primer lloc voldria agrair a la Dr. Àngela Ribas, professora de l'assignatura Ecologia Aplicada, per haver-me informat sobre la possibilitat de fer el projecte de fi de carrera al CREAM. Al Dr. Josep Peñuelas, primera persona amb la qual vaig contactar. Ell em va obrir les portes del CREAM i em va posar amb contacte amb el Dr. Marc Estiarte. Sens dubte, en Marc ha estat la persona amb qui he compartit més estona. Ell ha exercit com a tutor i m'ha aconsellat i orientat al llarg de tot el projecte. Marc, moltes gràcies per haver-me resolt totes les meves qüestions, sobretot en els moments en què apareixia per sorpresa al despatx.

Per altra banda, també voldria agrair especialment l'ajuda rebuda per part de la Glòria Puig, tècnica del CREAM, per totes les hores que ha dedicat a ajudar-me a fer funcionar el Miramon, així com per la feina feta amb anterioritat anant als herbaris. Amb ella he après que tonteries com un accent o un espai poden tornar boig el Miramon, amb els odiosos missatges d'error. També voldria donar les gràcies al Museu de Zoologia de Barcelona per la seva col·laboració.

Ja per acabar, voldria agrair el suport que m'ha donat la meua família, amb especial atenció als meus pares, amics i companys de la classe. Heu sabut escoltar-me sobre temes, que de ben segur no us interessen gens... El vostre suport m'ha donat forces a continuar amb ànims, sense perdre el somriure.

Moltes gràcies a tots vosaltres per interessar-vos i col·laborar amb el meu projecte!

Albert Clavaguera Casadevall

Olot, 25 de maig de 2012



# ÍNDEX

<b>0. RESUM</b> .....	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>13</b>
1.1. La fenologia .....	15
1.2. El canvi climàtic; la dura realitat a la qual s'ha de fer front .....	16
1.3. Efectes biològics del canvi climàtic .....	18
1.4. Sistemes d'informació geogràfica (SIG). La seva importància en el marc del canvi climàtic .....	21
1.4.1. Coordenades .....	22
1.4.2. Sistema de referència .....	23
1.5. <i>Globularia alypum</i> , l'espècie objecte d'estudi .....	23
1.5.1. Característiques .....	23
1.5.2. Distribució .....	24
1.5.3. Hàbitat .....	25
1.6. Estudis previs .....	25
<b>2. ÀREA D'ESTUDI</b> .....	<b>27</b>
2.1. Geologia i geomorfologia .....	29
2.2. Clima .....	29
2.3. Vegetació .....	30
<b>3. OBJECTIUS</b> .....	<b>33</b>
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>37</b>
4.1. Obtenció de les dades .....	39
4.2. Classificació i descripció de l'estat fenològic de <i>G. alypum</i> .....	40
4.2.1. Creixement .....	41
4.2.2. Borró .....	42
4.2.3. Inflorescència .....	43
4.2.4. Braquiblasts .....	44
4.2.5. Espiga de capítols .....	44
4.3. Registres de la base de dades .....	45
4.4. Georeferenciació dels plecs .....	47
4.5. Maneig de les dades .....	48

4.6. Dades climàtiques .....	51
4.7. Anàlisi estadística de les dades .....	52
<b>5. RESULTATS .....</b>	<b>53</b>
5.1. Distribució de la <i>G. alypum</i> a la península Ibèrica .....	56
5.1.1. Inflorescència .....	57
5.1.2. Braquiblast .....	60
5.1.3. Espiga de capítols .....	61
5.2. Distribució de la <i>G. alypum</i> a França .....	62
5.2.1. Inflorescència .....	63
5.2.2. Braquiblast i espiga de capítols .....	64
5.3. Distribució de la <i>G. alypum</i> a la península Ibèrica amb les variables climàtiques anuals .....	64
5.4. Relacions entre la floració i el clima a la península Ibèrica; resultats de l'anàlisi estadística .....	69
5.4.1. Inflorescència .....	69
5.4.2. Braquiblast .....	76
5.4.3. Espiga de capítols .....	76
<b>6. DISCUSSIÓ .....</b>	<b>79</b>
<b>7. CONCLUSIONS .....</b>	<b>87</b>
<b>8. CRONOGRAMA .....</b>	<b>91</b>
<b>9. PRESSUPOST .....</b>	<b>95</b>
<b>10. ANNEXOS .....</b>	<b>99</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>107</b>

## ÍNDIX DE FIGURES

<b>Figura 1.</b> Canvis en la temperatura i precipitació a Europa d'acord amb les simulacions MMD-A1B . ....	18
<b>Figura 2.</b> Distribució <i>G. alypum</i> als Països Catalans a l'esquerra i a la regió Mediterrània a la dreta .....	25
<b>Figura 3.</b> Tipus de creixement en <i>G. alypum</i> .....	42
<b>Figura 4.</b> Estat de la inflorescència de <i>G. alypum</i> .....	43
<b>Figura 5.</b> Exemplars de <i>G. alypum</i> amb espiga de capítols .....	44
<b>Figura 6.</b> Nombre de plecs d'herbari utilitzats i descartats per als anàlisis posteriors .....	50

<b>Figura 7.</b> Distribució dels plecs de <i>G. alypum</i> georeferenciats a partir dels herbaris del Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal de la Universitat de Barcelona, de l'Institut Botànic de Barcelona, del Jardí Botànic de la Universitat de València i de la Universitat de Montpel·lier .....	55
<b>Figura 8.</b> Precisió de les dades georeferenciades de la península Ibèrica .....	56
<b>Figura 9.</b> Distribució dels plecs de <i>G. alypum</i> georeferenciats per a la península Ibèrica .....	57
<b>Figura 10.</b> Distribució a la península Ibèrica dels plecs de <i>G. alypum</i> distingint entre les poblacions de floració primerenca i les poblacions de floració tardana .....	58
<b>Figura 11.</b> Distribució a la península Ibèrica dels plecs de <i>G. alypum</i> per a les poblacions primerenques en funció del seu mes de floració .....	59
<b>Figura 12.</b> Distribució a la península Ibèrica dels plecs de <i>G. alypum</i> per a les poblacions tardanes en funció del seu mes de floració .....	60
<b>Figura 13.</b> Distribució a la península Ibèrica dels plecs de <i>G. alypum</i> en funció de la presència o absència de braquiblasts .....	61
<b>Figura 14.</b> Distribució a la península Ibèrica dels plecs de <i>G. alypum</i> en funció de la presència o absència d'espiga de capítols .....	62
<b>Figura 15.</b> Distribució dels plecs de <i>G. alypum</i> georeferenciats per a la costa Mediterrània de França ...	63
<b>Figura 16.</b> Distribució a França dels plecs de <i>G. alypum</i> distingint entre les poblacions de floració primerenca i les poblacions de floració tardana .....	64
<b>Figura 17.</b> Distribució dels plecs de <i>G. alypum</i> que presenten una inflorescència estadi B en funció de si són primerenques o tardanes per a la temperatura mínima anual .....	65
<b>Figura 18.</b> Distribució dels plecs de <i>G. alypum</i> que presenten una inflorescència estadi B en funció de si són primerenques o tardanes per a la temperatura màxima anual .....	66
<b>Figura 19.</b> Distribució dels plecs de <i>G. alypum</i> que presenten una inflorescència estadi B en funció de si són primerenques o tardanes per a la temperatura mitjana anual .....	67
<b>Figura 20.</b> Distribució dels plecs de <i>G. alypum</i> que presenten una inflorescència estadi B en funció de si són primerenques o tardanes per a la precipitació anual .....	68
<b>Figura 21.</b> Nombre de plecs dels quals es disposa per la variable nombre de mesos des de la transició floral .....	72
<b>Figura 22.</b> Correlació entre la temperatura mitjana anual i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B .....	73
<b>Figura 23.</b> Correlació entre la temperatura mínima anual i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B .....	73
<b>Figura 24.</b> Correlació entre la temperatura màxima anual i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B .....	73
<b>Figura 25.</b> Correlació entre la temperatura mínima del mes més fred i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B .....	74
<b>Figura 26.</b> Correlació entre la temperatura màxima del mes més càlid i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B .....	74
<b>Figura 27.</b> Correlació entre la precipitació anual i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B .....	74
<b>Figura 28.</b> Correlació entre l'índex de continentalitat i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B .....	75

<b>Figura 29.</b> Correlació entre l'índex tèrmic i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B .....	75
<b>Figura 30.</b> Correlació entre l'índex Emberger i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B .....	75
<b>Figura 31.</b> Cronograma de les tasques desenvolupades al llarg del projecte .....	93
<b>Figura 32.</b> Pressupost del projecte .....	97
<b>Figura 33.</b> Distribució de tots els plecs de <i>G. alypum</i> georeferenciats per a la península Ibèrica classificats segons la seva precisió .....	101
<b>Figura 34.</b> Distribució a França dels plecs de <i>G. alypum</i> per a les poblacions primerenques en funció del seu mes de floració .....	102
<b>Figura 35.</b> Distribució a França dels plecs de <i>G. alypum</i> per a les poblacions tardanes en funció del seu mes de floració .....	102

## ÍNDEX DE TAULES

<b>Taula 1.</b> Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques mensuals .....	69
<b>Taula 2.</b> Significança del t-test comparant les poblacions primerenques i tardanes en funció de les variables climàtiques a nivell mensual .....	70
<b>Taula 3.</b> Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals ..	71
<b>Taula 4.</b> Significança del t-test comparant les poblacions primerenques i tardanes, agrupades en funció de si presenten o no espiga de capítols, per a les variables climàtiques anuals .....	77
<b>Taula 5.</b> Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques mensuals amb els valors de $R^2$ .....	103
<b>Taula 6.</b> Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques mensuals amb els valors del p_valor .....	103
<b>Taula 7.</b> Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals amb els valors de $R^2$ .....	104
<b>Taula 8.</b> Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals amb els valors del p_valor .....	104
<b>Taula 9.</b> Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals augmentant la mostra de plecs utilitzats .....	105
<b>Taula 10.</b> Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals augmentant la mostra de plecs utilitzats i amb els valors del p_valor .....	105
<b>Taula 11.</b> Significança del t-test comparant les poblacions primerenques i tardanes segons l'estadi d'inflorescència a nivell anual .....	106
<b>Taula 12.</b> Significança del t-test comparant les poblacions primerenques i tardanes, agrupades en funció de si presenten o no espiga de capítols, per a les variables climàtiques anuals amb els valors del p_valor .....	106



# 0. RESUM



## RESUM

*Globularia alypum* és un arbust termòfil típic de la regió oest del Mediterrani. Aquest nanofaneròfit té un patró de floració molt ampli. Les poblacions primerenques floreixen des del Juliol fins al Desembre i les poblacions tardanes des del Gener fins a l'Abril. L'objectiu del projecte és esbrinar quins factors climàtics determinen la fenologia de la floració de l'espècie a partir de mostres d'herbari i conèixer l'abast geogràfic d'ambdós patrons de floració a la península Ibèrica i França. També l'estudi d'altres característiques fenològiques en relació amb el clima: els braquiblasts i les espigues de capítols. Els plec d'herbari han estat georeferenciats per ser utilitzats en un entorn SIG junt amb les dades del clima i s'ha realitzat una anàlisi estadística. El resultats mostren que les poblacions primerenques creixen majoritàriament en zones costaneres mentre que les tardanes ho fan en zones continentals. Les poblacions primerenques creixen en àrees on les temperatures (mitjana, mínima, màxima i mínima del mes més fred) són més altes que les tardanes per l'efecte temperador del mar. Al analitzar totes les poblacions, el nombre de mesos des de la transició floral es correlaciona negativament amb la temperatura mínima mensual i la temperatura mitjana mensual en tots els mesos, mentre que amb la temperatura màxima mensual entre Octubre i Abril. Al estudiar sols les poblacions tardanes les correlacions són similars, però no en les primerenques on no se'n troba cap. Les correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les variables climàtiques anuals són iguals, a més de trobar-se una correlació negativa amb la temperatura mínima del mes més fred i l'índex tèrmic, i positiva amb l'índex de continentalitat. No s'ha trobat cap diferència en presència de braquiblasts segons la població, però sí en les espigues de capítols, essent més freqüents en les poblacions primerenques. Es suggereix que la temperatura és un factor més determinant per a les poblacions tardanes, mentre que es desconeix si és la precipitació en les primerenques. Tampoc es té coneixement sobre si les diferències entre els dos patrons són genètiques o fenotípiques i quin mecanisme possibilita el desenvolupament de braquiblasts i espigues de capítols.

**Paraules clau:** *Globularia alypum*, fenologia de la floració, factors climàtics, herbari, braquiblasts, espigues de capítols.

## RESUMEN

*Globularia alypum* es un arbusto termófilo típico de la región oeste del Mediterráneo. Este nanofanerófito tiene un patrón de floración muy amplio. Las poblaciones tempranas florecen desde Julio hasta Diciembre y las poblaciones tardías desde Enero hasta Abril. El objetivo del proyecto es averiguar qué factores climáticos determinan la fenología de la floración de dicha especie a partir de muestras de herbario y conocer el alcance geográfico de ambos patrones de floración a la península Ibérica y Francia. También estudiar otras características fenológicas en relación con el clima: los braquiblastos y las espigas de capítulos. Los pliegos de herbario han sido georeferenciados para ser utilizados en un entorno SIG junto con los datos del clima y se ha realizado un análisis estadístico. Los resultados muestran que las poblaciones tempranas crecen mayoritariamente en zonas costaneras y las tardías lo hacen en zonas continentales. Las poblaciones tempranas crecen en áreas donde las temperaturas (media, mínima, máxima y mínima del mes más frío) son más altas que las tardías por el efecto regulador del mar. Al analizar todas las poblaciones, el número de meses desde la transición floral se correlaciona negativamente con la temperatura mínima mensual y la temperatura media mensual en todos

los meses, mientras que la temperatura máxima mensual entre Octubre y Abril. Al estudiar sólo las poblaciones tardías las correlaciones son similares, pero no en las tempranas donde no se encuentra ninguna correlación. Las correlaciones entre el número de meses desde la transición floral y las variables climáticas anuales son iguales, y aparece una correlación negativa con la temperatura mínima del mes más frío y con el índice térmico, y positiva con el índice de continentalidad. No se ha encontrado ninguna diferencia en la presencia de braquiblastos según la población, pero sí en las espigas de capítulos, siendo más frecuentes en las poblaciones tempranas. Se sugiere que la temperatura es un factor más determinante para las poblaciones tardías, mientras que se desconoce si es la precipitación en las tempranas. Tampoco se tiene conocimiento sobre si las diferencias entre los dos patrones son genéticas o fenotípicas y qué mecanismo posibilita el desarrollo de braquiblastos y espigas de capítulos.

**Palabras clave:** *Globularia alypum*, fenología de la floración, factores climáticos, herbario, braquiblastos, espigas de capítulos.

## **ABSTRACT**

*Globularia alypum* is a thermophile shrub typical of western Mediterranean region. This nanophanerophyte has a broad flowering pattern. Early populations flower from July to December and late populations flower from January to April. The aim of this project was to find out what climate factors determine the flowering phenology of the specie using herbarium specimens, and it would know the geographic scope of both flowering patterns in the Iberian Peninsula and France. Also, it studied other phenological characteristics in relation to climate: the brachyblast and spike of flower-heads. The herbarium specimen sheets were georeferenced to use in a GIS together with climate data and a statistical analysis was performed. The result showed that the early populations grow mostly in coastal localities whereas late populations grow in inland localities. The early populations grow in localities where temperatures (mean, minimum, maximum and mean minimum of the coldest month) are higher than the late for the sea regulator effect. When we analyzed all populations, the number of months since the floral transition were negatively correlated with monthly minimum temperature and monthly mean temperature in all months, whereas the monthly maximum temperature from October to April. Within late populations, there were similar correlations, but no in the early populations since there were not any correlation. The correlations between the number of months since the floral transition and annual climate variables were the same, and we found a negative correlation with the monthly minimum temperature of the coldest month and thermicity index, and a positive correlation with the continentality index. We found no differences in the presence of brachyblast depending on the population, but spike of flower-heads was more commonly in early populations. We suggest that the temperature is a determining factor for the late populations, while it is unknown if the precipitation is in the early. Neither is know if the differences between the two patterns are genetic or phenotypic and what mechanism enables the development of brachyblast and spike of flower-heads.

**Keywords:** *Globularia alypum*, flowering phenology, climate factors, herbarium, brachyblasts, spike of flower-heads.

# **1. INTRODUCCIÓ**



# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1. La fenologia

S'entén per fenologia a l'estudi de la successió de les diferents fenofases dels organismes, és a dir, els diferents esdeveniments del cycle vital els quals estan molt relacionats amb els factors climàtics (Orshan, 1989). Determina el moment en què es produeix el creixement i reproducció de la planta, però també, la durada de les diferents fenofases (Schwartz, 2003), essent essencial per entendre la distribució de les diferents espècies al territori. Entre aquestes fenofases hi ha l'aparició de les fulles, la seva caiguda, la floració o l'aparició i maduració dels fruits. En aquest sentit, el temps d'ocurrència de diverses fenofases està molt condicionat per restriccions filogenètiques, com són l'ontogènia i l'arquitectura de l'organisme (Montserrat Martí *et al.*, 2004), tot i que sembla que els programes de desenvolupament de les plantes són flexibles (van Schaik *et al.*, 1993).

Sens dubte, la fenologia és un reflex del clima. Aquest és un dels factors exògens que determina l'inici i la durada de les fenofases. Són múltiples els factors climàtics que exerceixen un control en la fenologia de les plantes. Entre aquests, es troba la temperatura (Peñuelas *et al.*, 2002), o l'escassa disponibilitat d'aigua la qual s'ha vist que s'associa a retards en la floració, així com, amb una disminució en la producció de flors i fruits (Llorens i Peñuelas, 2005). Els canvis fenològics han esdevingut la primera evidència que el canvi climàtic té efectes en els organismes, a més de canvis en la distribució de diverses espècies (Chuine, 2010). Molts organismes estan canviant els seus cycles de vida en resposta al canvi climàtic actual (Parmesan i Yohe, 2003; Menzel *et al.*, 2006; Rosenzweig *et al.*, 2008). Per això, la fenologia s'ha convertit en un dels bioindicadors més utilitzats en els estudis sobre els efectes del canvi climàtic als éssers vius (Gordo i Sanz, 2009).

Les particulars característiques del clima mediterrani, amb una marcada estacionalitat, fan que els ajustos fenològics de les plantes que hi viuen siguin de gran importància (Montserrat Martí *et al.*, 2004). El factor més important que limita el creixement i desenvolupament de les plantes dels ecosistemes mediterranis és la sequera de l'estiu (Orshan, 1989).

Actualment són molts els estudis que s'estan realitzant per esbrinar quins poden ser els efectes del canvi climàtic. En aquest marc, els Sistemes d'Informació Geogràfica han esdevingut una potent eina ja que permeten combinar diferents informacions. Aquest és el cas del nostre estudi on la combinació de dades vàlides procedents d'herbaris, junt amb informació de les variables climàtiques s'utilitza amb l'objectiu d'extreure conclusions sobre els patrons de distribució de l'espècie *Globularia alypum*. Les diferències en la fenologia de la floració que sembla que existeixen en les

poblacions de *G. alypum* representen un gran canvi en la distribució de les fases del cicle vital i, probablement, influencien en el rendiment de la planta i tenen implicacions ecològiques significatives (Tornel, 2011). En aquest sentit, millorar el coneixement sobre els factors ambientals que controlen els diferents estats fenològics en funció de la seva distribució geogràfica, pot ser de vital importància per prevenir els futurs efectes del canvi climàtic, essent aquest un dels objectius amb els quals s'està treballant.

No obstant, els efectes del canvi climàtic sobre els organismes vius no només es limiten a canvis en els patrons fenològics, tal i com s'exposa en els capítols posteriors.

## **1.2. El canvi climàtic; la dura realitat a la qual s'ha de fer front**

“El clima està canviant!”. Aquesta és una de les típiques afirmacions que es poden percebre en les converses de carrer després que hagi succeït algun esdeveniment meteorològic advers. Són moltes les opinions al respecte, amb partidaris i detractors del canvi climàtic, però les evidències científiques no deixen marge al dubte. El canvi climàtic global és una realitat a la qual la societat actual i de les properes dècades s'haurà d'afrontar, per tal de mitigar els possibles efectes que se'n pugui derivar.

Abans d'entrar en matèria, és important definir els conceptes meteorologia i climatologia ja que sovint són font de confusió. La meteorologia és la ciència que estudia les lleis que regeixen els fenòmens que tenen lloc a l'atmosfera, tenint en compte els seus canvis físics i químics, així com, els efectes directes d'aquesta sobre la superfície de la Terra, els oceans i la biosfera. Així doncs, l'eina d'anàlisi d'un meteoròleg és la física (Quereda, 2005) amb escales temporals i espacials curtes. Per altra banda, la climatologia és la ciència que estudia els factors que determinen el clima, utilitzant dades procedents de les observacions meteorològiques durant llargs períodes de temps, desenes d'anys, de les quals se n'obté els valors mitjans i extrems de diferents variables, les oscil·lacions periòdiques i la freqüència o repetició dels fenòmens atmosfèrics. En aquest cas, la principal eina d'anàlisi no és la física sinó l'estadística (Quereda, 2005).

Segons *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), el canvi climàtic és una modificació en el valor mitjà i/o en la variabilitat de les seves variables que persisteix durant un període prolongat de temps. Aquests canvis en el clima al llarg del temps poden ser deguts a la variabilitat natural o com a conseqüència de les activitats humanes.

Les observacions a nivell global evidencien que l'escalfament del sistema climàtic és una realitat. Durant el període comprès entre 1906-2005 la temperatura mitjana de



l'aire ha experimentat un augment de 0,74°C (IPCC, 2007), essent les latituds més septentrionals on aquest augment ha estat més accentuat. Aquest increment de la temperatura ha comportat un augment del nivell del mar, com a conseqüència del desgel de les glaceres, casquets de gel i la dilatació tèrmica dels oceans.

En relació a la precipitació, la qüestió és més incerta. Entre 1900 i 2005, la precipitació va augmentar a les zones orientals del nord de Sud-amèrica, gran part de Nord-amèrica, Europa septentrional i Àsia septentrional i central, però en canvi, va disminuir al Sahel, al Mediterrani, al sud d'Àfrica i certes parts del sud d'Àsia (IPCC, 2007).

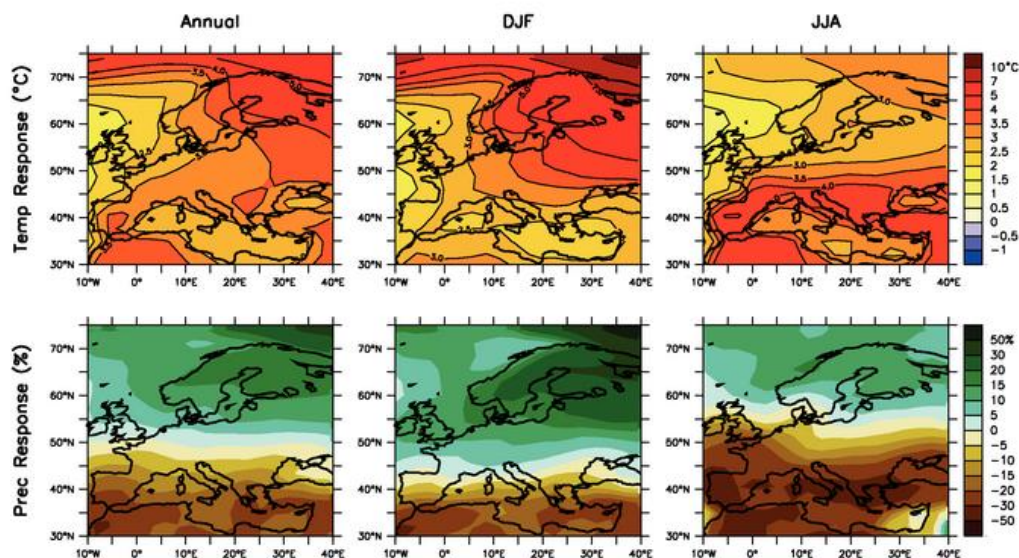
Al llarg de la història el clima ha patit canvis motivats per processos naturals, com són les variacions en l'energia emesa pel Sol o les variacions en l'òrbita de la Terra. Són canvis que s'han donat a escala geològica. Però, les causes d'origen antròpic són determinants per entendre el canvi climàtic actual.

L'equilibri energètic del sistema climàtic s'ha vist alterat amb especial importància per les variacions en les concentracions atmosfèriques de gasos amb efecte hivernacle. Les emissions mundials d'aquests gasos com a resultat de les activitats humanes han augmentat des de l'era preindustrial. Entre 1970 i 2004 aquest increment va ser del 70%, lleugerament inferior a l'augment si només considerem el CO<sub>2</sub>, ja que aquest va ser aproximadament del 80% (IPCC, 2007).

Els gasos amb efecte hivernacle, entre els quals es troben principalment el diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), però també el metà (CH<sub>4</sub>) i l'òxid nítrós (N<sub>2</sub>O), han augmentat per diferents motius. En el cas del CO<sub>2</sub> es deu principalment a la utilització de combustibles d'origen fòssil i en menor mesura als canvis en els usos del sòl, el CH<sub>4</sub> per l'ús de combustibles fòssils i l'agricultura, i el N<sub>2</sub>O per l'agricultura.

La principal característica d'aquests gasos és que tenen la capacitat per absorbir la radiació infraroja reflectida per la superfície terrestre, comportant un augment de la temperatura. Així, es sosté amb un grau de confiança molt alt que l'efecte de les activitats humanes des del 1750 ha estat un increment de la temperatura (IPCC, 2007).

Les previsions de cara al futur són poc optimistes. La majoria dels models preveuen que es donarà un augment de la temperatura mitjana al llarg d'aquest segle, que oscil·larà entre 1,1 i 6,4°C, en funció de l'escenari socioeconòmic i del nivell d'emissions de gasos amb efecte hivernacle que es tingui en consideració (IPCC, 2007). Els canvis en els patrons de precipitació són molt més difícils de pronosticar. Els models estimen un augment de les precipitacions en latituds altes, però una disminució en la majoria de regions subtropicals. Aquest canvi es preveu que vagi acompanyat d'una major freqüència i intensitat dels fenòmens meteorològics extrems (inundacions, sequeres, onades de calor, etc.).



**Figura 1. Canvis en la temperatura i precipitació a Europa d'acord amb les simulacions MMD-A1B.** A la primera fila hi ha la mitjana anual, DJF (Desembre – Gener – Febrer) i JJA (Juny – Juliol – Agost) pel canvi de temperatura entre els períodes 1980 – 1999 i 2080 – 2099 a partir de la mitjana de 21 models. A la segona fila, hi ha el mateix que a la primera però pel percentatge de canvi en la precipitació. Font: Quart informe d'avaluació IPCC, 2007.

En la figura 1, es pot observar la modelització del canvi climàtic per a la regió Mediterrània, de gran interès ja que comprèn l'àrea objecte d'estudi del present projecte. Es veu com es preveu un augment de la temperatura i una disminució de les precipitacions, amb especial importància durant l'estiu, ja complicat tenint en compte les característiques del clima mediterrani. Molts models preveuen que les comunitats mediterrànies es veuran molt afectades per l'increment de l'evapotranspiració potencial associat a la pujada de les temperatures, així com, per la disminució de les precipitacions (Le Houérou, 1996; Piñol *et al.*, 1998; IPCC, 2007), tenint en compte que normalment l'aigua és el recurs més limitant pel creixement de les plantes en aquests ecosistemes (Mayor i Rodà, 1994; Ogaya *et al.*, 2003).

### 1.3. Efectes biològics del canvi climàtic

El canvi climàtic és global, però els seus impactes ecològics varien localment. Així, els efectes del canvi climàtic seran diferents en funció de l'àrea geogràfica. A les àrees fredes seran majors els efectes associats a l'escalfament global, mentre que a les zones càlides i àrides ho seran els efectes derivats de la sequera. Aquest és el cas de la regió Mediterrània on la disponibilitat d'aigua ja és un factor limitant (Peñuelas *et al.*, 2010a). Les projeccions indiquen com a probable el fet que es superi la resiliència de molts ecosistemes, és a dir, la seva capacitat per adaptar-se naturalment, en cas que les tendències associades al canvi climàtic, incloent inundacions i sequeres però també els canvis en els usos del sòl, la contaminació o la sobreexplotació dels recursos,

continuïn com fins ara (IPCC, 2007). Aquest fet provocarà alteracions en l'estructura i funcionament dels ecosistemes (Walther *et al.*, 2002).

Els estudis efectuats durant l'última dècada han evidenciat que el canvi climàtic ja té repercussions en la fisiologia de les espècies, la distribució, la fenologia dels organismes, així com, en la composició i dinàmica de les comunitats:

1. **Efectes en l'ecofisiologia de les plantes.** La fotosíntesi, i per tant, el creixement i la productivitat de la planta estan directament afectats per les concentracions atmosfèriques de CO<sub>2</sub>, per la temperatura i la disponibilitat d'aigua. Així doncs, el canvi climàtic pot originar canvis en els patrons de creixement actuals.

Les respostes al CO<sub>2</sub> són diferents depenen de les espècies (Peñuelas *et al.*, 2001) i fins i tot dels genotips (Castells *et al.*, 2002). En estudis a curt termini, utilitzant plantes joves, s'ha vist que la majoria d'espècies presenten taxes fotosintètiques més elevades en augmentar la concentració de CO<sub>2</sub> (Peñuelas *et al.*, 1995; Lopez-Claramunt *et al.*, 1997). També s'ha observat una reducció de la transpiració (menor conductància estomàtica i de vegades menor nombre d'estomes) per augmentar l'eficiència en l'ús de l'aigua. No obstant, no es coneix amb certesa què pot passar a llarg termini i en les complexes condicions dels ecosistemes. La incertesa és gran, i per exemple no queda clar que l'augment del CO<sub>2</sub> atmosfèric es tradueixi en una major fixació de carboni per part de les plantes (Peñuelas *et al.*, 2010b) o que la sequera, en alguns casos, disminueixi la fixació (Ogaya i Peñuelas, 2007). En determinades situacions es poden donar fenòmens d'aclimatació de la fotosíntesi.

Per altra banda, un augment de les temperatures induirà un increment exponencial de les taxes respiratòries dels teixits vius de les plantes (Peñuelas *et al.*, 2010b) però també dels microorganismes del sòl, amb la consegüent alliberació cap a l'atmosfera del CO<sub>2</sub> emmagatzemat en aquests embornals (retroalimentació biològica del canvi climàtic). A més, com a conseqüència de l'augment de les temperatures, l'evapotranspiració serà major, incrementant així les pèrdues d'aigua (Kirschbaum, 2000; Lloyd i Fastie, 2002). Per evitar les pèrdues d'aigua per l'elevada evapotranspiració o pel dèficit hídric, la planta té la capacitat de tancar els estomes, per això, les taxes fotosintètiques a la regió Mediterrània són baixes durant la sequera de l'estiu (Llorens *et al.*, 2003), fet que es pot agreujar amb l'escalfament global.

S'haurà de seguir investigant en aquest àmbit per determinar quina és la direcció del canvi, tenint en compte que l'efecte últim de l'augment de CO<sub>2</sub> depèn de la interacció amb altres factors ambientals: temperatura, radiació, sequera, disponibilitat de nutrients o presència de contaminants atmosfèrics (Körner, 2006).

2. **Efectes sobre la distribució de les espècies.** Un canvi de 3°C en la temperatura mitjana anual equival a un canvi de les isoterms d'aproximadament 300-400 quilòmetres cap a latituds superiors o uns 500 metres pel que fa a altitud (Hughes, 2000). A Catalunya, s'ha observat que hi ha espècies que s'han desplaçat cap a altituds i latituds més elevades com a conseqüència de l'augment de les temperatures i les sequeres (Peñuelas i Boada, 2003; Peñuelas *et al.*, 2007; Jump *et al.*, 2009). Les plantes presenten la característica que són organismes sèssils, és a dir, a diferència dels animals no es poden desplaçar físicament per fer front als impactes del canvi climàtic. No obstant, poden colonitzar nous hàbitats quan els seus mecanismes de dispersió els ho permeten. En aquest sentit, els estudis paleoecològics suggereixen que moltes espècies vegetals poden migrar amb suficient rapidesa com per adaptar-se al canvi climàtic, però només si existeixen ecosistemes contigus no pertorbats, és a dir, ecosistemes no fragmentats. En animals també es té constància d'aquests desplaçaments, com és el cas de les papallones (Parmesan *et al.*, 1999), tot i que no s'hi entrarà en detall.
3. **Efectes en la fenologia dels organismes.** Els cicles de vida de molts organismes estan fortament influenciats per la temperatura i la precipitació (Peñuelas *et al.*, 2002). En general, en estudis realitzats a l'hemisferi nord, s'ha observat que la sortida de les fulles es produeix abans, mentre que l'hivern arriba més tard, donant lloc a un període de creixement vegetatiu més llarg. Aquests canvis s'han atribuït principalment als canvis en la temperatura (Peñuelas i Filella, 2001; Menzel *et al.*, 2006). Els estudis constaten que a Catalunya el període vegetatiu s'ha prolongat 4 dies per dècada en els darrers 50 anys (Peñuelas *et al.*, 2010a). Les fulles dels arbres surten de mitjana uns 20 dies abans que fa 50 anys, amb espècies on aquest avanç ha estat de fins a un mes com per exemple la pomera o l'om, en canvi, d'altres que es mantenen invariables com és el cas del castanyer. A més, les plantes també estan florint i fructificant abans, de mitjana 10 dies abans que fa 30 anys (Peñuelas *et al.*, 2002). Aquests patrons observats per a Catalunya s'han descrit a molts llocs del planeta, essent doncs, un fenomen a nivell global. A més, s'ha vist que els cicles vitals dels animals (insectes, ocells, amfibis, entre d'altres) també es veuen alterats.
4. **Efectes en la composició i dinàmiques de les comunitats.** Les espècies no resulten igual d'afectades pel canvi climàtic, la qual cosa, pot originar canvis en la composició específica de les comunitats dels ecosistemes. Hi ha estudis que han evidenciat que l'escalfament i la sequera comporten una disminució de la biodiversitat de les comunitats, de plantes (Prieto *et al.*, 2009) però també d'animals, bacteris i fongs (Yuste *et al.*, 2011). Aquesta disminució de la diversitat de fongs i bacteris acaba provocant canvis funcionals a l'ecosistema, com és una menor descomposició de la matèria orgànica dels seus sòls (Yuste

*et al.*, 2011). Són vàries les funcions dels ecosistemes que poden resultar afectades pel canvi climàtic, des de la producció primària neta (PPN) fins al cicle del carboni, entre moltes altres.

A més, tal i com s'ha esmentat amb anterioritat, els cicles vitals de les plantes i animals es veuen afectats com a conseqüència del canvi climàtic. Però, les respostes no són iguals entre tots els éssers vius, la qual cosa pot provocar desincronitzacions en les interaccions entre espècies (Peñuelas *et al.*, 2002). Per exemple entre les plantes i els seus pol·linitzadors (Grossman, 2004) provocant canvis en la composició de les espècies de l'ecosistema, alteracions en l'estructura o funcionament de la comunitat (Peñuelas i Filella, 2001).

Les preocupacions dels efectes que es puguin derivar del canvi climàtic no s'acaben aquí. L'arribada de nous patògens, plagues o espècies exòtiques, la major freqüència i intensitat dels incendis forestals (típics de la regió Mediterrània) o els efectes que puguin tenir els compostos orgànics volàtils emesos per les plantes a l'atmosfera modificant-ne la seva composició (a part de la pèrdua de carboni que suposa), són algunes d'aquestes preocupacions que poden desencadenar importants efectes biòtics pels nostres ecosistemes de cara al futur.

Per altra banda, els models del canvi climàtic indiquen que si la mitjana de la temperatura mundial augmenta més de 3,5°C (respecte la del període 1980-1999) es podrien produir extincions massives a tot el món (entre el 40-70% de les espècies estudiades), mentre que si augmenta entre 1,5-2,5°C, entre el 20-30% de les espècies existents estaran probablement més amenaçades d'extinció (IPCC, 2007).

Veient que els efectes potencials del canvi climàtic sobre els ecosistemes poden ser diversos i importants, no resulta estrany que s'estiguin dedicant esforços en millorar el coneixement de certes espècies per poder afrontar-los. En aquest context, una de les eines utilitzades en l'actualitat, són els sistemes d'informació geogràfica.

## **1.4. Sistemes d'informació geogràfica (SIG). La seva importància en el marc del canvi climàtic**

Els sistemes d'informació geogràfica (SIG, o amb anglès GIS, *Geographical Information Systems*) han esdevingut una eina fonamental per als estudis en l'àmbit científic, entre els quals destaquen els estudis relacionats amb el canvi climàtic i els seus efectes. Són instruments d'anàlisi de l'espai que permeten combinar diferents bases de dades, plantilles digitals de mapes i anàlisis estadístiques (Pons, 1996). Un SIG està compost per tres elements bàsics: el *hardware* sobre el qual descansa el sistema, el *software* o programari amb què es manegen les dades, i un tercer element que són les pròpies dades geogràfiques que s'utilitzen.

Els SIG operen amb dades totalment quantitatives, amb coordenades sobre els dos eixos del pla de representació de l'espai i una tercera sobre el comportament perpendicular al pla, la vertical. Bàsicament realitzen un creuament de les dades alfanumèriques (base de dades) amb una o més bases cartogràfiques (Uribe *et al.*, 2004). Es pot distingir dos tipus de format per representar la informació geogràfica, el ràster i el vectorial. En el sistema ràster, l'espai geogràfic s'adapta a una estructura tessel·lar, formada per cel·les (píxels), normalment de forma quadrada, que constitueixen la unitat elemental d'informació del territori (Pons, 1996). És a dir, cada píxel representa alguna característica de la zona on es localitza (per exemple la vegetació, la temperatura o la precipitació). Per altra banda, en el sistema vectorial s'utilitzen punts, línies i polígons per descriure la informació geogràfica. Són útils per a la representació de carreteres, masses boscoses, unitats geològiques, entre d'altres (Pons, 1996). Per tal de comprendre millor els aspectes relacionats amb els SIG s'introdueixen una sèrie de conceptes que s'utilitzaran o es donaran per explicats en el transcurs del projecte.

### 1.4.1. Coordenades

Es pot distingir entre les coordenades geogràfiques i les cartesianes:

1. **Coordenades geogràfiques.** Una de les formes de donar les coordenades geogràfiques d'un punt és mitjançant els valors de latitud i longitud. Abans d'entrar en detall és necessari definir els conceptes de meridià i paral·lel. Es defineixen els meridians com les línies d'intersecció amb la superfície terrestre dels infinits plans que contenen l'eix de la Terra. S'agafa com a origen per designar la situació d'una posició geogràfica el meridià 0<sup>o</sup>, anomenat meridià de Greenwich. Per altra banda, es defineixen els paral·lels com les línies d'intersecció dels infinits plans perpendiculars a l'eix terrestre amb la superfície de la Terra. En aquest cas s'agafa com a referència l'Equador, essent el que es troba a la màxima distància del centre de la Terra. Així, els meridians són les línies imaginàries que van de nord a sud unint els pols i els paral·lels les que van de est a oest paral·leles a l'Equador. El meridià de Greenwich ens divideix el globus terraquí en dues zones, la est i la oest, mentre que l'Equador en dos hemisferis, el nord i el sud.

La latitud es defineix com l'angle mesurat al centre de la Terra format pel pla de l'Equador i el radi a aquest punt, mentre la longitud és el valor del díedre format pel pla meridià que passa pel punt i el meridià de Greenwich. La latitud i la longitud són els valors que defineixen la situació geogràfica d'un punt.

2. **Coordenades cartesianes.** Aquí només es tracta el cas de la projecció UTM (*Universal Transverse Mercator*). Una de les característiques de la projecció UTM és que conserva els angles però distorsiona les distàncies i les superfícies.

El sistema UTM divideix el globus terraquí en 60 fusos. Es defineix com a fus al conjunt de posicions geogràfiques que ocupen tots els punts compresos entre dos meridians, essent aquests de 6º de longitud en el cas del sistema UTM. Cada fus es divideix en 20 zones que s'identifiquen amb una lletra.

Bàsicament es pot distingir dues formes de donar les coordenades UTM, una indicant el valor de l'ordena i abscissa, i l'altra, mitjançant el sistema de quadrícules UTM.

### **1.4.2. Sistema de referència**

Primerament, s'han d'introduir els conceptes geoide i el·lipsoide. S'anomena geoide a la superfície teòrica de la Terra que uneix tots els punts que tenen la mateixa gravetat. Com que la Terra no és esfèrica, es representa amb un el·lipsoide.

Així, es pot definir el concepte datum com el punt tangent a l'el·lipsoide i al geoide on aquests coincideixen. Existeixen una gran varietat d'el·lipsoïdes, entre els quals es troba el WGS84 (*World Geodetic System*), així com datums, com per exemple l'ED50 (*European Datum 1950*), fins fa poc el més utilitzat a la península Ibèrica. El concepte datum és imprescindible, ja que qualsevol coordenada UTM ha d'anar associada al seu datum per tenir sentit.

La informació d'una coordenada s'ha de donar junt amb el seu sistema de referència, és a dir, la informació sobre quin ha estat l'origen de les coordenades. A Espanya fins fa poc s'utilitzava el sistema de referència ED50 però com a conseqüència del moviment constant de la placa continental europea, es va adoptar a nivell europeu un nou sistema de referència. Es tracta de l'ETRS89 (*European Terrestrial Reference System 1989*). En el cas d'utilitzar-se diversos sistemes de referència caldrà adoptar-ne un de sol mitjançant transformacions i homogeneïtzacions prèvies de les dades (Berendsohn *et al.*, 1999).

## **1.5. *Globularia alypum*, l'espècie objecte d'estudi**

*G. alypum* coneguda popularment com a fuixarda o corona de frare, entre molts altres noms, és una espècie que antigament estava inclosa dins la família de les Globulariàcies (*Globulariaceae*) però actualment es troba dins la família de les Plantaginàcies (*Plantaginaceae*).

### **1.5.1. Característiques**

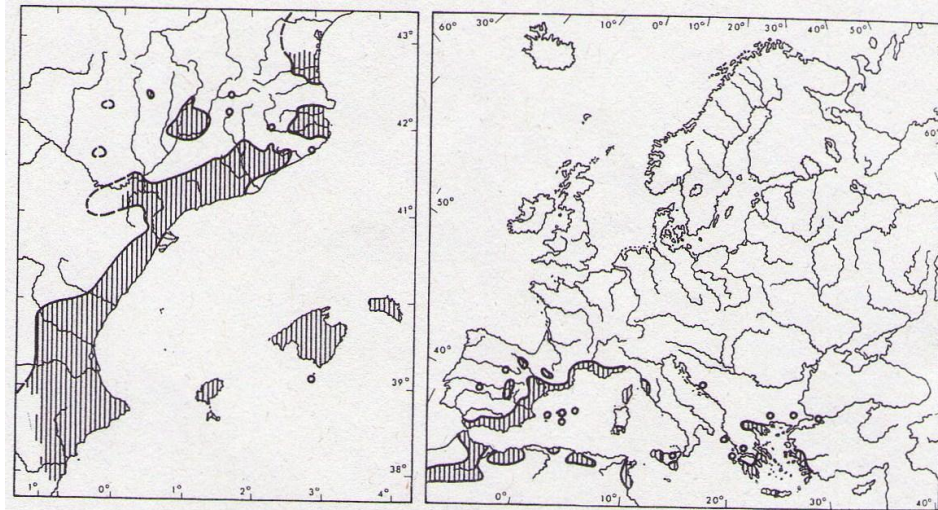
Es caracteritza per ser una mata llenyosa, perenne que normalment presenta nombroses ramificacions de tendència erecta. Constituïda per fulles esparses sobre les

tiges, aquestes es troben atenuades en pecíol molt curt (1-2 mm). Són fulles coriàcies, glabres, d'un color verd-grisenc (com a conseqüència de concrecions de carbonat de calci, CaCO<sub>3</sub>), lanceolades, agudes i mucronades, uninervades i de dimensions variables, d'entre 1-3 x 0,2-0,8 cm. Presenten 2-3 dents a l'apex i es poden trobar solitàries o bé fasciculades en curts braquiblasts. La inflorescència és un capítol floral, el qual pot ser terminal i de vegades també lateral, blau, d'1-3 cm de diàmetre (de Bolòs i Vigo, 1995). L'involucre està format per nombroses bràctees imbricades, ovades, obtuses i ciliades. Les seves flors són pentàmeres, zigomorfes i hermafrodites, amb calze pentàmer, sinsèpal i dividit en 5 dents molt llargues i ciliades. La corol·la és pentàmera, bilabiada, amb el llavi superior quasi nul i l'interior trilobat. L'androceu està format per quatre estams exserts. Les antenes s'obren per curtes obertures longitudinals. Per altra banda, el gineceu consta de dos carpels soldats en un ovari unilocular. A l'interior només es forma un sol primordi seminal. L'estil és exsert i acaba en un estigma bilobat. L'ovari s'acaba convertint en un aqueni (fruit sec i indehiscent format per una sola llavor no soldada al pericarp i generalment de coberta poc consistent). Un dels trets distintius de la floració d'aquesta espècie és el llarg període temporal en què es pot donar depenent de la seva situació geogràfica. Hi ha observacions de floració primerenca que comencen a florir a finals d'estiu, mentre en altres aquesta es produeix entrada la primavera següent.

### **1.5.2. Distribució**

Aquest nanofaneròfit es distribueix àmpliament per la regió Mediterrània (Figura 2). A Catalunya s'han identificat exemplars a les comarques marítimes (del Rosselló al Montsià), penetrant fins a la Fenolleda, a la Garrotxa, a Osona, al Berguedà a l'Alt Urgell, a la Segarra, a la Conca de Barberà, etc. També es pot trobar a zones interiors com al Segrià o al Baix Cinca, així com, al Prepirineu (Pallars Sobirà, Pallars Jussà o a la Noguera). També és freqüent trobar exemplars al País Valencià, en contrades d'hivern temperat del territori catalanídic (com al Baix Maestrat), al territori diànic (com a la Marina Baixa o l'Alacantès), al territori lucèntic (l'Alacantès o Baix Vinalopó), i pot penetrar fins a l'Alcalatén, a la Foia de Bunyol, a la Vall de Cofrents, etc., entre els 0 i els 1000 metres d'altitud. Per altra banda, a les Illes Balears és present a Mallorca, Menorca, Eivissa i Cabrera (de Bolòs i Vigo, 1995). Però, també es pot trobar a altres zones de la península Ibèrica.





**Figura 2. Distribució *G. alypum* als Països Catalans a l'esquerra i a la regió Mediterrània a la dreta.**  
 Font: Flora dels Països Catalans, vol. III.

### 1.5.3. Hàbitat

És una típica planta de les contrades mediterrànies d'hivern temperat. És molt termòfila (no acostuma a suportar mitjanes del mes més fred inferiors a 0°C), amb una distribució altitudinal que no acostuma a superar els 800 metres d'altitud, excepcionalment arribant fins a 1000 metres. Està associada a orientacions al sud, quasi sempre per sota de 600 mm anuals. És molt freqüent a les pinedes de pi blanc obertes, amb força recobriment arbustiu (Lloret *et al.*, 2009). Sol freqüentar les brolles, creixent sobre sòls calcaris, essent rara o nul·la a les contrades sílcies (de Bolòs i Vigo, 1995).

### 1.6. Estudis previs

Les espècies mediterrànies creixen i floreixen principalment durant la primavera, per tal d'evitar el fred de l'hivern i la sequera de l'estiu (Prieto *et al.*, 2008). No obstant, hi ha excepcions com és el cas de *G. alypum* que pot presentar cert creixement i pot florir durant la tardor (Castro-Díez i Montserrat-Martí, 1998; Llorens *et al.*, 2004; Llorens i Peñuelas, 2005), encara que a gran part de la seva àrea de distribució, la floració té lloc majoritàriament durant la primavera (de Bolòs i Vigo, 1995). S'ha vist que la floració i la presència o no de cert creixement durant la tardor d'aquestes plantes mediterrànies estan molt controlats i regulats per factors ambientals (Prieto *et al.*, 2008), i per tant, els patrons es poden veure afectats. L'augment de les temperatures i la reducció de les precipitacions a la regió Mediterrània (IPCC, 2007) poden tenir importants efectes en els patrons fenològics d'aquesta espècie, desencadenant una sèrie d'impactes en les

dinàmiques i composició dels seus respectius ecosistemes, com per exemple les desincronitzacions entre plantes i pol·linitzadors (Peñuelas *et al.*, 2002).

Estudis previs han descrit dos patrons de floració en poblacions de l'espècie *G. alypum*, un patró de floració primerenca en poblacions a zones properes a la costa, i un de floració tardana en zones continentals. En un estudi realitzat a 9 localitats de Catalunya, s'ha observat que en les poblacions primerenques la floració es dona entre setembre i novembre, mentre que en les de floració tardana aquesta té lloc entre febrer i abril. Els dos grups estan separats pel període d'hivern (desembre-febrer) on no es troben poblacions florides (Estiarte *et al.*, 2011). Així, el període comprès entre la floració de les més primerenques fins a les més tardanes és d'aproximadament 8 mesos, la qual cosa, és un patró molt ampli per un arbust mediterrani.

## **2. ÀREA D'ESTUDI**



## 2. ÀREA D'ESTUDI

L'àmbit d'estudi d'aquest projecte és la regió Mediterrània occidental. Comprèn la península Ibèrica i França, sobretot les zones més properes al Mediterrani i també les Illes Balears i Còrsega. A continuació s'exposen les característiques més rellevants d'aquesta zona, amb especial atenció a la climatologia ja que és essencial per entendre la distribució de la vegetació.

### 2.1. Geologia i geomorfologia

En l'àrea d'estudi es pot distingir una gran diversitat de litologies que donen lloc a una gran heterogeneïtat de sòls, essent els d'origen calcari els que centraran la nostra atenció. *G. alypum* és una planta que principalment creix sobre terrenys calcaris i molt excepcionalment apareix sobre sòls silícics (de Bolòs i Vigo, 1995).

Una altra limitació que determina la distribució de *G. alypum* és l'altitud, ja que es tracta d'una espècie molt termòfila que no acostuma a trobar-se a altituds superiors als 1000 metres. Així, l'àmbit d'estudi estarà caracteritzat per aquelles unitats de relleu d'altitud no molt marcada i sobretot amb sòls calcaris.

No obstant, el fet que es tingui una zona amb aquestes dues característiques no significa que estigui representada pel projecte. Al treballar amb dades d'herbari és possible que no es disposi d'informació sobre la distribució de l'espècie en aquella àrea. A grans trets, les principals unitats de relleu de la península Ibèrica de les quals es té notícia de l'espècie són la Serralada Litoral Catalana, la Serralada Prelitoral Catalana, la Depressió de l'Ebre, el Prepirineu i la zona est del Sistema Ibèric i Bètic. Respecte a França, se'n té de la Plaine du Languedoc, Cévennes, les zones muntanyoses properes als Alps, la zona Prepirinenca així com la zona propera al Massís Central.

### 2.2. Clima

Degut a l'extensa superfície que comprèn aquest projecte, no s'entrarà a mencionar dades estadístiques sobre les temperatures i precipitació mitjanes de la zona, ja que són molt variades i distintes. El clima mediterrani és el característic d'aquesta àrea. Es pot definir com un clima de transició entre el règim temperat i el tropical sec (Pallarès *et al.*, 2001). Es caracteritza per un règim pluviomètric clarament irregular, amb una clara escassetat o manca quasi absoluta de pluges durant l'estiu. Aquest fet provoca que la vegetació hagi de suportar un dèficit hídric important durant aquesta època (Vigo, 2005). Els estius són calorosos mentre que els hiverns frescos o moderadament freds.

La quantitat total de precipitació segons les zones és molt variada, amb àrees on amb prou feines es superen els dos-cents mil·límetres (sud-est de la península Ibèrica) fins a àrees on es superen els mil mil·límetres (certs llocs muntanyosos). Aquesta és la raó per la qual es parla de l'existència de climes mediterranis subàrids, subhumits, etc. (Vigo, 2005). A la part septentrional de la regió Mediterrània, la màxima pluviositat es sol donar durant la tardor, amb un altre màxim relatiu durant la primavera. Aquest fet succeeix perquè és en aquesta època durant la qual les depressions procedents del front polar escombren la zona. Per altra banda, a les àrees meridionals, les pluges es solen concentrar en un màxim gairebé únic centrat a l'hivern, moment en el qual el front polar té més força i les depressions són impulsades més cap al sud.

Un dels fets que explica la considerable precipitació hivernal de determinades zones del Mediterrani són les temperatures relativament altes de la superfície del mar en aquesta estació. Al gener la temperatura de l'aigua del mar és aproximadament 2°C més elevada que la temperatura de l'aire (Luzón *et al.*, 1997). Les incursions d'aire fred associades a les depressions mòbils de l'Atlàntic nord són les responsables de la precipitació orogràfica i frontal. A vegades aquestes llengües fredes formen depressions al golf de Lleó i al de Gènova, que bàsicament són depressions de l'Atlàntic nord que al arribar al Mediterrani es reactiven (Luzón *et al.*, 1997).

A l'estiu, el Mediterrani occidental està dominat per l'anticicló de les Açores, mentre al sud hi ha baixes pressions sobre el Sàhara. Dominen els vents del nord, modificats per les brises marines, amb la possibilitat que es produeixin baixes tèrmiques a la península Ibèrica (Luzón *et al.*, 1997).

Respecte a les temperatures és important mencionar l'efecte temperador que exerceix el mar (Pallarès *et al.*, 2001). Aquest actua com a regulador tèrmic impedint que les temperatures puguin pujar o baixar molt. En aquest sentit, no vol dir que a les zones costaneres no es tingui sensació de calor, ja que aquesta depèn de la temperatura però també de la humitat relativa (per això, es parla de temperatura de xafogor on es combinen ambdues). En les zones interiors, aquest efecte regulador que exerceix el mar perd importància. En aquestes zones les diferències tèrmiques entre les estacions i entre el dia i la nit són molt importants, dominant la continentalitat. Així doncs, la continentalitat comporta temperatures més extremes i menys pluviositat (Pallarès *et al.*, 2001).

### **2.3. Vegetació**

El clima mediterrani presenta dos períodes anuals d'estrès, l'estiu i l'hivern, que divideixen els períodes favorables pel creixement vegetal (Mitrakos, 1980). Aquest fet, junt amb l'elevada variabilitat interanual d'aquest clima limita la regularitat i duració

dels períodes favorables, dificultant els ajustos fenològics dels organismes vegetals (Mooney i Dunn, 1970).

A la regió Mediterrània els principals tipus fenomorfològics de la flora llenyosa són els caducifolis de clima temperat, quan l'aridesa estival és baixa però el fred hivernal és alt, els perennifolis isomorfs estacionals, quan hi ha un major estrès estival, els perennifolis heteromorfs estacionals, quan l'estrès estival és molt important, i els caducifolis estivals, en zones amb presència d'un únic període d'estrès que es dona a l'estiu (Montserrat Martí *et al.*, 2004).

En funció de les característiques climàtiques es poden distingir diferents comunitats vegetals al llarg del territori objecte d'estudi. A les zones típicament Mediterrànies entre la vegetació nemoral hi ha els boscos esclerofil·les, sobretot alzinars, carrascars (en les zones on domina la continentalitat), suredes i formacions de garrics arboris; les màquies i els espinars; les garrigues denses, secundàries o permanents; i les bosquines i matollars secundaris, entre els quals es troben les brolles (Vigo, 2005). Els boscos acícules com els de pi blanc, també són habituals a la terra baixa.

Les formacions esclerofil·les es caracteritzen per tenir fulles perennes, endurides i petites per tal de tenir una taxa de transpiració reduïda i evitar així les pèrdues d'aigua, un recurs escàs en les zones on creixen. Les màquies i espinars, així com les garrigues (dominades per *Quercus coccifera*) són formacions arbustives que també es troben molt adaptades a les dures condicions climàtiques. Les màquies continentals són pròpies de les zones interiors de la península Ibèrica, mentre que les màquies resseques i espinars dominen al sud de la península, on les precipitacions oscil·len entre els 200 i 300 mm (Vigo, 2005).

Clarament oposades a aquestes comunitats hi ha els boscos caducifolis, entre els quals es troben les fagedes i les rouredes (seques i humides), i els boscos de coníferes com són les avetoses o determinades pinedes (per exemple les de *Pinus mugo*). Són comunitats que apareixen en zones on la precipitació és elevada i les temperatures són fredes. Ni en aquestes comunitats, ni als prats d'alta muntanya i al bosc de ribera, *G. alypum* hi sol créixer ja que el clima no és l'adequat pel seu desenvolupament.

A Catalunya, *G. alypum* acostuma a freqüentar les pinedes de pi blanc obertes amb recobriment arbusti important (Lloret *et al.*, 2009), i determinades bosquines com són les brolles calcàries (de Bolòs i Vigo, 1995). Però, això no vol dir que no es pugui trobar en altres comunitats.





## **3. OBJECTIUS**



### 3. OBJECTIUS

Aquest projecte s'emmarca dins les investigacions que està duent a terme la Unitat d'Ecologia Global del Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). Amb anterioritat han estat múltiples els estudis realitzats sobre l'espècie *G. alypum* (Llorens *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2008; Estiarte *et al.*, 2011). Aquest estudi intenta donar resposta a una qüestió que s'origina als altres treballs, com és el fet de determinar l'abast geogràfic dels diferents patrons de floració.

Es poden concretar una sèrie d'objectius generals que marcaran les línies a seguir durant el projecte:

1. Explorar la utilització de material d'herbari per estudis de la fenologia de la floració.
2. Els estudis duts a terme fins al moment, suggereixen l'existència de dos patrons de floració dins l'espècie *G. alypum*. El primer patró es caracteritza per presentar una floració primerenca (entre Setembre i Novembre) i localitzar-se en zones properes a la costa, i l'altre patró restant, per presentar una floració tardana (entre Febrer i Abril) i localitzar-se en zones continentals (Estiarte *et al.*, 2011). En aquest projecte es pretén identificar l'abast de la distribució geogràfica de cada un dels dos patrons mitjançant l'ús d'informació procedent d'herbari, que ens permetrà tenir representat l'arc Mediterrani (des de Mònaco fins al sud de la península Ibèrica) gràcies a la georeferenciació dels seus plecs. Així, hauria de permetre corroborar que els patrons de floració identificats en estudis a nivell local, també són vàlids a nivell regional, és a dir, en tota l'àrea Mediterrània occidental.
3. Es pretén esbrinar quines variables climàtiques determinen el període de floració en ambdós casos (primerenques i tardanes). L'ús de Sistemes d'Informació Geogràfica permetrà elaborar mapes de la distribució de l'espècie a l'arc Mediterrani i de la distribució de la fenologia de la floració. No obstant, l'anàlisi no sols es concretarà pel cas de les inflorescències, sinó que també es farà especial èmfasi a altres característiques fenològiques. Concretament s'analitzarà la distribució dels individus en funció de la seva inflorescència, segons si presenten o no braquiblasts, i segons si presenten o no espiga de capítols, intentant trobar alguna correlació amb la climatologia. Un avantatge d'utilitzar els Sistemes d'Informació Geogràfica és que ens permet extreure dades del clima pel quart objectiu.
4. Per complementar aquesta informació un dels objectius marcats és dur a terme una anàlisi estadística completa utilitzant dades climàtiques, amb la finalitat de determinar quins són els factors climàtics condicionants de la floració.

5. Finalment es pretén discutir i posar de manifest els possibles efectes derivats del canvi climàtic sobre aquesta espècie, remarcant quines conseqüències es poden donar a nivell d'ecosistema.

La justificació del present projecte rau en el fet que com a conseqüència de l'actual canvi climàtic molts ecosistemes poden veure's especialment afectats. En aquest cas, els ecosistemes mediterranis no en són una excepció, ja que segons els models actuals es preveu un augment de les temperatures, acompanyat per una disminució de les precipitacions (IPCC, 2007). Millorar el coneixement sobre el funcionament de les comunitats i les espècies que les componen pot esser una eina fonamental per intentar prevenir i mitigar els efectes que se'n puguin derivar.

## **4. METODOLOGIA**



## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Obtenció de les dades

Per a la realització del present projecte s'han utilitzat les bases de dades que disposa el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) sobre l'espècie *G. alypum*. Concretament, es tracta d'informació recopilada l'any 2009 de quatre herbaris diferents: Herbari del Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal de la Universitat de Barcelona (CeDocBiV), Herbari de l'Institut Botànic de Barcelona, Herbari del Jardí Botànic de la Universitat de València i Herbari de la Universitat de Montpel·lier.

Els herbaris són col·leccions biològiques de plantes seques que conserven amb criteri científic, una representació ordenada de la diversitat de plantes que es troben a la Terra. Aquests són de gran utilitat per a la investigació botànica, amb especial rellevància per a la taxonomia i la sistemàtica, però també per a estudis florístics, moleculars o biogeogràfics com és el nostre cas.

A continuació, s'exposa una descripció dels quatre herbaris anteriorment esmentats amb les seves principals característiques.

1. **Herbari del Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal de la Universitat de Barcelona.** Conegut internacionalment amb l'acrònim BCN, aquest herbari prové de la fusió dels herbaris de la Facultat de Biologia i de la Facultat de Farmàcia de la pròpia universitat. Format per diferents col·leccions (col·lecció d'algues, de briòfits, de cormòfits, de fongs i de líquens), la de cormòfits és la més gran. Actualment allotja uns 400.000 espècimens, majoritàriament dels Països Catalans, però també d'altres zones de la península Ibèrica o el nord d'Àfrica.
2. **Herbari de l'Institut Botànic de Barcelona.** Conegut internacionalment amb l'acrònim BC, constitueix la col·lecció de plantes més important de Catalunya. Malgrat està especialitzat en la flora de la regió Mediterrània occidental, també conté plantes de la resta d'Europa i d'Àfrica. Actualment les seves col·leccions comprenen uns 800.000 exemplars d'herbari. Entre les seves col·leccions hi ha l'herbari històric, que inclou herbaris recol·lectats entre el segle XVII i principis del XX, com l'herbari Costa (s. XIX), l'herbari Vayreda (s. XIX), l'herbari Trèmols (s. XIX) o l'herbari Frère Sennen (s. XIX – XX), entre d'altres.
3. **Herbari del Jardí Botànic de la Universitat de València.** Conegut internacionalment amb l'acrònim JBV, aquest herbari és el resultat de la fusió dels antics herbaris de Biològiques, Farmàcia i el del propi Jardí. És una col·lecció pública d'ús restringit propietat de la Universitat de València formada

per aproximadament uns 200.000 plecs. Disposa d'una bona representació de la flora de la meitat oriental de la península Ibèrica, essent el territori valencià un dels més ben representats. És en aquest herbari on es troben els herbaris personals de Vicent Guillem (s. XIX), Aureli Gamir (s. XIX) i Josep Borja.

4. **Herbari de la Universitat de Montpel·lier.** Conegut internacionalment amb l'acrònim MPU, aquest herbari conté aproximadament 4.000.000 de mostres, essent un dels herbaris més importants de França. El seu origen rau en la fusió dels herbaris de la Facultat de Medicina, la Facultat de Ciències i la Facultat de Farmàcia constituint l'herbari general. Per altra banda, està format per un conjunt d'herbaris producte de donacions que guarda en les seves instal·lacions. Entre aquests herbaris hi ha el Coste, Dubuis, Sauvage o Tallon. Disposa d'una bona representació de la flora de l'est de França, sobretot de la zona del Languedoc-Roussillon, però també, de forma important la flora del nord d'Àfrica.

En els herbaris, les plantes prèviament assecades es conserven en plecs en els quals hi consta la seva etiqueta d'identificació. Es coneix amb el nom de plec d'herbari al conjunt format per cadascuna de les plantes, disposada o no sobre una cartolina, protegida per un paper plegat anomenat camisa (Llistosella i Sanchez-Cuxart, 2008). Són aquests plecs els que es guarden en els herbaris de múltiples formes, com per exemple, dins d'armaris compactes o dins de capsos de cartró folrades.

Glòria Puig, tècnica del CREAF, va ser la responsable d'anar als quatre herbaris per tal de determinar l'estat fenològic en què es trobaven els diferents plecs. Es va encarregar d'observar i anotar el tipus de creixement, possible presència i característiques del borró, tipus d'inflorescència, possible presència de braquiblasts i possible presència d'espiga de capítols. A part d'aquestes característiques pròpies de cada planta, per cadascun dels plecs es va anotar l'acrònim de l'herbari, el número de registre del plec, la data de la mostra, la descripció de la localització facilitada pel recol·lector de la mostra, el municipi de la recol·lecció, en determinats casos les coordenades de la localització amb el corresponent sistema de referència, l'altitud i possibles observacions existents. En aquest sentit, cal destacar que no tots els plecs disposaven de totes aquestes informacions, la qual cosa ha suposat la necessitat de realitzar una posterior selecció tal com es veurà més endavant.

## 4.2. Classificació i descripció de l'estat fenològic de *G. alypum*

Els factors que desencadenen l'inici i la duració de les diferents fenofases d'una planta poden ser exògens, com la temperatura i el fotoperíode, o bé, endògens, com per



exemple els canvis d'hidratació de les tiges (Wang *et al.*, 1992; van Schaik *et al.*, 1993; Borchert, 1994; Kramer *et al.*, 2000). Així, les diferents fenofases s'han de produir al llarg de l'any de forma coordinada i el patró fenològic ha d'estar prou adaptat a les condicions ambientals, per assegurar la supervivència de la planta (Montserrat Martí *et al.*, 2004), d'aquí que la duració i ocurrència de les fenofases siguin flexibles (van Schaik *et al.*, 1993).

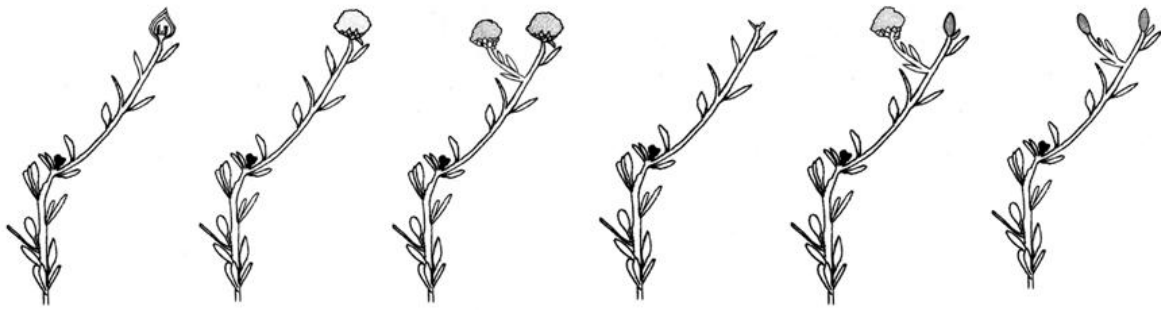
Seguidament, hi ha els detalls de les principals característiques fenològiques que es van determinar per cadascun dels plecs d'herbari.

#### **4.2.1. Creixement**

El clima mediterrani es caracteritza per presentar dos períodes anuals d'estrés, l'estiu i l'hivern, que divideixen l'estació favorable pel creixement vegetal (Mitrakos, 1980). Un cop passat l'estrès hivernal, s'inicia el creixement de *G. alypum*. Aquest s'inicia en els meristems situats a les axil·les de les fulles. Els meristems són teixits biològics constituïts per cèl·lules indiferenciades que formen una zona de creixement. Així, la planta va creixent donant nous brots que creixen en longitud fins que s'inicia la transició floral. La transició floral té lloc en el moment en què el meristem deixa de desenvolupar-se vegetativament passant al desenvolupament reproductiu.

Els diferents tipus de creixements que s'han pogut observar són els següents:

- A Un sol creixement acabat en borró.
- B Un sol creixement acabat en inflorescència.
- C Dos creixements, tots dos acabats en inflorescència.
- D Un sol creixement sense inflorescència terminal.
- E Dos creixements, el primer acabat en borró o avortament i el segon en inflorescència.
- F Dos creixements, tots dos acabats en avortament.



**Figura 3. Tipus de creixement en *G. alypum*.** D'esquerra a dreta: creixement A, un sol creixement acabat en borró; creixement B, un sol creixement acabat en inflorescència; creixement C, dos creixements tots dos acabats en inflorescència; creixement D, un sol creixement sense inflorescència terminal; creixement E, dos creixements el primer acabat en avortament i el segon en inflorescència; creixement F, dos creixements, tots dos acabats en avortament. Font: Elaboració pròpia.

El patró més freqüent en plantes madures és un sol creixement que s'inicia des d'una branca que l'any anterior ja ha florit. La formació d'aquesta inflorescència impedeix que el pròxim any la planta pugui créixer per l'extrem apical, ja que el meristem va donar lloc a la inflorescència. Per aquest motiu, el creixement té l'origen en els meristems situats a les axil·les de les fulles.

No obstant, també és possible que tinguin lloc dos creixements, el de la tija principal i un de secundari que s'origina en un meristem axil·lar de la part superior del dolicoblast recent crescut. Sovint, però no necessàriament, la tija principal no arriba a florir i sí ho fa la secundària. Normalment, la longitud d'aquesta segona tija és menor que l'anterior.

#### 4.2.2. Borró

Quan el meristem apical deixa de desenvolupar-se vegetativament es dona la transició floral que inicia la formació dels borrons florals. Inicialment, quan s'ha aturat el creixement, l'extrem del dolicoblast amb el meristem apical està envoltat per unes fulles modificades. Posteriorment s'inicia el borró floral, el qual es desenvolupa i s'hi forma la cúpula meristemàtica (*meristematic Dome*), un teixit que acabarà formant el receptacle floral. També apareixen les primeres bràctees externes que cobreixen la cúpula meristemàtica (Tornel, 2011).

El receptacle floral es forma per la diferenciació i proliferació de les cèl·lules meristemàtiques de la cúpula meristemàtica. Un cop el receptacle floral està format hi comencen a aparèixer les bràctees internes, que es caracteritzen per la seva elevada pilositat (Tornel, 2011). Cada bràctea interna està associada a un primordi floral que posteriorment originarà els verticils florals (calze, corol·la, androceu o gineceu).

Per ara, no es pot concloure que existeixin diferències importants en quan al període de formació d'aquest borro en funció del moment de floració (primerenques i tardanes), encara que sí que es creu que es produeix lleugerament abans en el cas de les primerenques. A Catalunya s'ha vist que al juliol la majoria dels dolicoblasts ja presenten els seus borrons florals (Estiarte *et al.*, 2011). Segons un estudi realitzat a 9 localitats catalanes, al juliol, quan els borrons florals encara tenen una mida petita, ja s'observa que els estadis de desenvolupament són significativament diferents entre les poblacions primerenques i les tardanes, fet que es veu reforçat amb el mostreig que es realitza al setembre. També suggereix que en les poblacions tardanes els factors ambientals juguen un paper modelador del ritme del desenvolupament floral molt important (Tornel, 2011).

### 4.2.3. Inflorescència

L'obertura dels borrons florals dona pas a l'aparició de les inflorescències. La inflorescència de *G. alypum* és un capítol apical encara que a vegades pot ser lateral.

Independentment de quin sigui el període en el qual es produeix la floració, les diferents inflorescències han estat agrupades separant-les en les següents categories:

- F Inflorescència oberta però encara no s'han desplegat els pètals.
- B Inflorescència oberta amb pètals blaus.
- M-G Inflorescència amb els pètals marrons o grisos. Aquesta coloració s'adquireix després que la inflorescència hagi tingut els pètals blaus, és a dir, quan les flors ja passen.
- D Inflorescència ja dispersada.



**Figura 4. Estat de la inflorescència de *G. alypum*.** D'esquerra a dreta: inflorescència B, oberta i amb els pètals blaus; inflorescència M-G, amb els pètals marrons; inflorescència D, en procés de dispersió. Font: Maldaerreka natural; Floramu; Menuda natura.

#### 4.2.4. Braquiblasts

*G. alypum*, com altres plantes, desenvolupa dos tipus de tiges, els braquiblasts i els dolicoblasts. Els braquiblasts són tiges molt curtes que no superen els tres centímetres de longitud (Orshan, 1989). La planta creix anualment en llargada formant dolicoblasts, que són tiges amb fulles esparses, i braquiblasts a les axil·les de les fulles de la tija de l'any anterior, formant verticils de fulles que augmenten la superfície foliar. Ocasionalment, els braquiblasts apareixen en el creixement del mateix any. En aquest projecte, a partir d'aquest moment, al parlar de braquiblasts es tractarà d'aquest últim cas, és a dir, a petites tiges que apareixen en les axil·les de les fulles de la tija que actualment està en procés de desenvolupament.

Augmentar la superfície fotosintètica té un cost energètic per a la planta. La inversió de recursos (aigua, carbohidrats i nutrients) que suposa per a la planta el creixement de braquiblasts en la tija de l'any anterior és molt inferior que la formació de nous dolicoblasts. Aquest fet ens explica el motiu pel qual utilitzen aquesta estratègia, ja que a part de l'elevat cost energètic de generar els dolicoblasts, el nombre de fulles en aquests és reduït (elevat cost per poc augment de la superfície fotosintètica) (Montserrat Martí *et al.*, 2004).

S'han distingit diferents categories:

- N No té braquiblasts.
- S Té braquiblasts.
- CB Comencen a aparèixer braquiblasts, és a dir, són petits.

#### 4.2.5. Espiga de capítols

El patró més habitual és que cada dolicoblast tingui una única inflorescència terminal. No obstant, en ocasions, un dolicoblast pot desenvolupar diverses inflorescències a partir dels meristems axil·lars a les fulles de la tija, formant una espiga de capítols.



**Figura 5. Exemplars de *G. alypum* amb espiga de capítols.** Font: Banco de datos de biodiversidad; Ibiza a pie de foto.

### 4.3. Registres de la base de dades

Ha estat generada una base de dades amb la informació disponible per cadascun dels plecs dels quatre herbaris. La informació consta dels diferents camps que s'esmenten a continuació:

Herbari	S'identifica l'herbari al qual pertany mitjançant un acrònim prèviament definit (UB, per l'herbari del CeDocBiV; J. BOT. BCN, per l'herbari de l'Institut Botànic de Barcelona; VAL, per l'herbari del Jardí Botànic de la Universitat de València; i, MONT, per l'herbari de la Universitat de Montpel·lier).
N_registre	Número de registre. En els herbaris, normalment cada plec té assignat un número de registre que facilita la recerca de la informació d'aquest en cas de ser necessària.
Espècie	Una altra característica que permet distingir els diferents plecs d'un herbari és el nom de l'espècie en científic que consta a la seva etiqueta. En aquest cas, al treballar sols amb una espècie, <i>G. alypum</i> , serà un camp que sempre serà igual.
Data_mostra	Data de la mostra. Ens dóna informació sobre el dia, mes i any que la mostra va ser recollida. És una informació que també consta a l'etiqueta de l'herbari.
Dia	Dia en què la mostra va ser recol·lectada.
Mes	Mes en què la mostra va ser recol·lectada.
Any	Any en què la mostra va ser recol·lectada.
Creixement_majoritari	Creixement majoritari. Creixement principal que es caracteritza amb les diferents categories descrites anteriorment (veure 4.2.1.). El més freqüent és trobar un sol creixement.
Creixement_minoritari	Creixement minoritari. És possible trobar plecs que presenten un altre creixement a part del majoritari. Aquest tipus de creixement secundari es descriurà amb les mateixes categories que el creixement majoritari (A – F).
Borró_1	Presència de borró en el creixement majoritari. Es descriu amb les categories prèviament explicades (veure 4.2.2.).
Borró_2	Presència de borró en el creixement minoritari en cas que aquest sigui present. Es descriu igual que el borró_1.

Inflorescència	Estadi de la inflorescència en el creixement majoritari d'acord amb les categories explicades anteriorment (veure 4.2.3.).
Inflorescència_2	Estadi de la inflorescència en el creixement minoritari que es descriu igual que la del creixement majoritari.
Braquiblasts	Presència de braquiblasts d'acord amb les categories esmentades prèviament (veure 4.2.4.).
Espiga de capítols	Presència d'espiga de capítols (S, sí; N, no).
Anotació_autor	Anotació de l'autor. Descripció donada pel recol·lector de la zona on es va trobar l'exemplar.
Municipi	Municipi on es va trobar l'exemplar.
Prov_o_Depart	Província o Departament. En el cas de les localitzacions d'Espanya s'anota la província, mentre que en cas de les de França s'anota el Departament on es va trobar l'exemplar.
Coord_X	Coordenada X de la localització amb el sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord amb Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal).
Coord_Y	Coordenada Y de la localització amb el sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord amb Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal).
Precisió	Precisió de les coordenades dels camps Coord_X i Coord_Y obtinguda mitjançant el procediment que s'explica més endavant.
Altitud	Altitud d'on s'ha recol·lectat l'exemplar.
Dades_climàtiques	Temperatura màxima, mínima, mitjana i precipitació (mensual i anual). També els índexs $I_c$ , $I_t$ , $Q$ , i la diferència entre $T_{màx}-T_{mín}$ per a cada mes de cadascuna de les localitzacions.
Observacions	Possible text que ajuda a interpretar les dades o relatiu a alguna característica problemàtica.

Cal tenir present que no es disposa de tota la informació per tots els camps en tots els plecs.

## 4.4. Georeferenciació dels plecs

Històricament, les dades de la localització on s'havia produït la recol·lecció d'un exemplar d'herbari es descrivien mitjançant topònims i textos descriptius. En les darreres dècades s'han anat incorporant descripcions de caire semiquantitatiu com és el cas de les quadrícules UTM. Actualment s'ha passat a la georeferenciació amb l'ús dels Sistemes d'Informació Geogràfica, SIG. Aquests sistemes SIG operen amb dades totalment quantitatives, realitzant un creuament de dades alfanumèriques, és a dir, una base de dades amb una o més bases cartogràfiques (Uribe *et al.*, 2004).

El procediment dut a terme ha estat una georeferenciació retrospectiva, és a dir, un procés d'assignar coordenades a la descripció textual d'una localitat de recol·lecció (Proctor *et al.*, 2001), i assignar-hi també una estima de la precisió de les coordenades.

La informació disponible en els quatre herbaris no sempre és completa. De la majoria dels plecs sols es disposa d'informació toponímica de l'origen de la recol·lecció, i per altra banda, només d'una cinquena part, es disposa d'informació de les quadrícules UTM. Evidentment, degut a l'antiguitat de la majoria de les mostres, en cap cas es disposa d'informació obtinguda amb aparells de geolocalització via satèl·lit com són els receptors GPS, *Global Positioning Systems*.

Seguidament s'exposen els criteris i procediments establerts per dur a terme la georeferenciació retrospectiva.

1. **Sols es disposa d'informació toponímica.** Per tal de designar les coordenades d'aquells plecs dels quals només es disposa d'informació toponímica, s'ha utilitzat el visor VISSIR de l'aplicació de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, ICC, en el cas del territori català, el visor de l'aplicació Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears, IDEIB, per les Illes Balears, i el visor del Sistema d'Informació Geogràfica de Parcel·les Agrícoles, SIGPAC, per a resta del territori espanyol. Per a les coordenades de França, s'ha utilitzat l'aplicació GeoHack. Per calcular la precisió s'ha utilitzat el regle que ofereixen aquestes aplicacions des del punt pres fins a la zona més allunyada.
2. **Es disposa de la quadrícula UTM on es localitzen.** En aquest cas s'utilitzen les coordenades de la quadrícula i la precisió es pot calcular fàcilment aplicant el Teorema de Pitàgores. Es tracta de quadrícules de 10 x 10 Km de distància, per la qual cosa s'obté una precisió constant igual a 7071 metres.
3. **Ús de la base de dades generada pel Museu de Zoologia de Barcelona (MZB) on consten les coordenades dels diferents municipis d'Espanya.** Es tracta d'una base de dades on la coordenada del municipi s'assigna al centroe, és a dir, el centre geomètric exacte, dins els límits del terme municipal (DeMers, 2000). En la base de dades s'expressa la coordenada X (longitud) i la

coordenada Y (latitud), ambdues mesurades en graus decimals. El sistema de referència amb el qual es tenen les dades és el sistema geogràfic latitud/longitud amb el datum *World Geodetic System 1984, WGS84*. La precisió d'aquest punt estarà representada per la distància del centroide al punt més allunyat del perímetre que delimita el topònim (Proctor *et al.*, 2001; Wieczorek, 2002), en aquest cas el punt més allunyat del terme municipal (o del polígon, en cas que el terme municipal estigui dividit en més d'un polígon). Per facilitar la recerca dels municipis, el MZB els agrupa en funció de la comunitat autònoma a la qual pertanyen, i d'aquí que es tingui una base de dades per cadascuna d'elles.

En aquells casos en què la informació toponímica feia referència a una divisió administrativa municipal, directament s'han agafat les coordenades i precisió donades pel MZB. També en els casos en què se'ns fa una descripció de la localització la qual no s'és capaç de trobar, però a més es dona la referència del terme municipal. Per altra banda, quan els límits administratius són una comarca es pren com a coordenades el centroide del seu terme.

Com a criteri s'ha decidit que s'aplicaria el mètode que donava una major precisió (valor absolut menor). Hi ha situacions on les descripcions donades pel recol·lector no són suficients per assignar les coordenades, bé perquè es tracta de textos ambigus, per la presència d'errors ortogràfics o per cal·ligrafies poc llegibles. En aquests casos els plecs han estat descartats per a anàlisis posteriors.

Com a conseqüència de la dificultat que ha suposat trobar tota la cartografia de França s'ha pres la decisió de no assignar una precisió a aquestes localitzacions.

Per dur a terme el creuament d'informació en un entorn SIG cal utilitzar un únic sistema de referència per les coordenades (Gutiérrez i Gould, 2000; Proctor *et al.*, 2001). Al disposar de coordenades amb múltiples sistemes de referència s'han hagut de realitzar transformacions i homogeneïtzacions prèvies de les dades. Per tal de transformar-ho en un únic sistema de referència s'ha utilitzat el Miramon i el sistema escollit ha estat UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal).

## **4.5. Maneig de les dades**

Pel maneig de les dades s'ha utilitzat el programa Miramon (© Xavier Pons, 1994 – 2002, desenvolupat al CREAF, Universitat Autònoma de Barcelona) una eina informàtica potent, àgil i relativament econòmica per a la manipulació de bases de dades georeferenciades i informació cartogràfica. Per a l'elaboració dels mapes també s'ha fet ús del programa ArcGis.



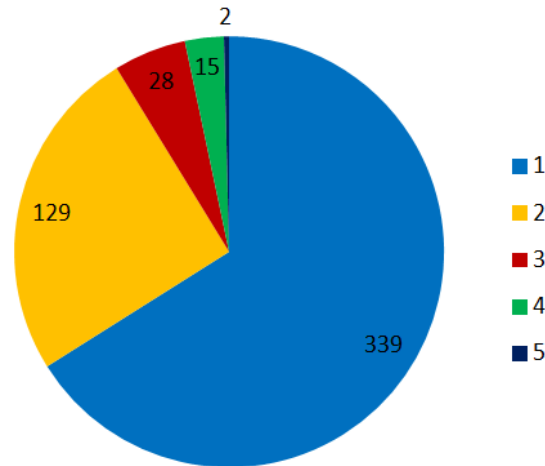
Els quatre herbaris utilitzats acumulen un total de 513 plecs de l'espècie *G. alypum*. Dels 513 plecs, 174 han estat descartats, la qual cosa representa un 34 % del total. Els motius són els següents:

- 129 plecs localitzats al nord d'Àfrica (Marroc, Algèria, Líbia i Tunísia). Han estat descartats perquè:
  1. Dificultat per georeferenciar aquests plecs a causa de la manca d'una cartografia digital del nord d'Àfrica i la dificultat lingüística per a nosaltres dels topònims d'aquesta regió.
  2. Existeix una diversitat d'opinions sobre la divisió en espècies diferents de *Globularia* al nord d'Àfrica. Autors parlen sobre si *G. alypum* està dividida en dues espècies, *G. alypum* i *G. arabica* (altres fonts parlen de *G. eriocephala* o *G. alypum* subsp. *arabica*) o simplement són varietats de l'espècie *G. alypum* (*G. alypum* var. *arabica*, *G. alypum* var. *eriocephala* i *G. alypum* var. *vesceritensis*). Evidentment, no entra dins el nostre projecte solucionar aquest problema (en tot cas, serà feina dels botànics) per la qual cosa s'ha decidit que la millor opció és descartar aquests plecs del nord d'Àfrica. A més, es desconeix si els plecs antics classificats com a *G. alypum* realment són d'aquesta espècie, o bé hi estan descrits perquè en el moment en què es va dur a terme la classificació encara no existia aquesta problemàtica.

Representen un 74% del total de plecs descartats, i un 25% del total de plecs.

- 28 plecs perquè la descripció de les localitats que ofereixen els herbaris no és suficient per assignar coordenades. Representen un 16% del total de plecs descartats, i un 5% del total de plecs.
- 15 plecs perquè les dades de les quals es disposa són insuficients. Dins de dades insuficients s'inclouen els plecs en els quals no hi consta l'estat de floració, no hi ha la data de la mostra, no hi ha la localització, es té dubte sobre alguna de les dades, o bé, no hi ha creixement de l'any. Representen un 9% del total de plecs descartats, i un 3% del total de plecs.
- 2 plecs perquè es localitzen a Itàlia. Malgrat s'han identificat les seves coordenades, en principi no es tindran en compte en l'anàlisi. Representen un 1% del total de plecs descartats, i menys d'un 0'5% del total de plecs.

L'herbari del qual s'han descartat més plecs és el de Montpel·lier (en total 133 plecs, que representen un 76% dels plecs d'aquest herbari), degut a què conté la gran majoria dels plecs del nord d'Àfrica.



**Figura 6. Nombre de plecs d'herbari utilitzats i descartats per als anàlisis posteriors.** La categoria 1 són els plecs utilitzats; la categoria 2 són els plecs descartats perquè es localitzen al nord d'Àfrica (Marroc, Algèria, Líbia i Tunísia); la categoria 3 són els plecs descartats perquè la descripció de les localitats que ofereixen els herbaris no és suficient per assignar coordenades; la categoria 4 són els plecs descartats perquè les dades de les quals es disposa són insuficients; i la categoria 5 són els plecs descartats perquè es localitzen a Itàlia. Font: Elaboració pròpia.

Un cop descartats aquests plecs s'ha comprovat si les diferències en la precisió de les coordenades comportaven canvis en els patrons de distribució de l'espècie. S'han definit tres categories de precisió:

- 1 Precisió molt bona. Precisió  $\leq 2.500$  metres.
- 2 Precisió bona.  $2500 < \text{Precisió} \leq 7.500$  metres.
- 3 Precisió baixa. Precisió  $> 7.500$  metres.

Finalment, s'ha procedit al maneig de les dades. De cada plec se n'ha extret el mes de recol·lecció, mitjançant el qual s'ha definit una nova variable contínua: el nombre de mesos des de la transició floral. Als mesos se'ls ha assignat un número que expressa el nombre de mesos transcorreguts des de la transició floral. Estudis previs han vist que a Catalunya la transició floral de *G. alypum* ja s'ha donat al juliol (Estiarte *et al.*, 2011), fet que justifica que s'assumeixi que al juny es dona la transició floral.

Del total d'individus georeferenciats només s'han utilitzat els que presenten una inflorescència oberta amb els pètals blaus i FBM (inclou inflorescències estadi FB, algunes inflorescències obertes però amb els pètals no desplegats i d'altres blaves, les quals ens indiquen que els falta poc per acabar de florir; estadi BM, algunes inflorescències blaves i d'altres marrons, les quals ens indiquen que fa poc que han florit) ja que la resta, tot i que ens donen informació, no són d'interès. Per exemple, les que es troben classificades com a F ens donen informació que encara no han florit, o les que són D ens donen informació que ja han florit, però no es coneix el mes que ho

han fet (ho poden haver fet aquest any, o fins i tot, l'any anterior). Només s'utilitzaran les inflorescències presents al primer creixement.

## 4.6. Dades climàtiques

S'han utilitzat les dades disponibles a l'Atlas Climàtic Digital de la Península Ibèrica relatives a les mitjanes dels últims 55 anys. Es tracta d'un conjunt de mapes climàtics digitals de temperatura mitjana de l'aire (mínimes, màximes i mitjanes), precipitació i radiació solar disponibles a Ninyerola *et al.*, 2005.

Les dades estan elaborades utilitzant múltiples estacions meteorològiques. Com les estacions no cobreixen tot el territori, per obtenir una superfície contínua de valors van procedir a la realització d'una interpolació d'aquestes dades considerant factors com l'alçada, la latitud, la continentalitat, la radiació solar i la geomorfologia del terreny mitjançant el procediment descrit a Carnicer *et al.* (2011).

Els intervals tèrmics mensuals s'obtenen de la diferència entre la mitjana mensual de la temperatura màxima i la mitjana mensual de la temperatura mínima. A més, també s'han calculat una sèrie d'índexs climàtics a partir de la metodologia descrita a Rives-Martínez *et al.*, 1999:

$$\text{Índex de continentalitat (Ic):} \quad I_c = T_{m\grave{a}x.c\grave{a}lid} - T_{m\grave{i}n.fred}$$

$$\text{Índex tèrmic (I<sub>t</sub>):} \quad I_t = (T_{mit.} + T_{m\grave{i}n.fred} + T_{m\grave{a}x.c\grave{a}lid}) \cdot 10$$

$$\text{Índex Emberger (Q):} \quad Q = (100 \cdot P) / ((T_{m\grave{a}x.c\grave{a}lid})^2 - (T_{m\grave{i}n.fred})^2)$$

essent:  $T_{m\grave{a}x.c\grave{a}lid}$ , la mitjana de la temperatura màxima del mes més càlid (°C);  $T_{m\grave{i}n.fred}$ , la mitjana de la temperatura mínima del mes més fred (°C);  $T_{mit.}$ , la temperatura mitjana anual (°C);  $P$ , la precipitació mitjana anual (mm).

D'aquesta forma, les variables climàtiques es poden agrupar en:

1. **Variables climàtiques mensuals:** mitjana mensual de la temperatura mitjana, temperatura mínima, temperatura màxima i precipitació. Interval tèrmic mensuals.
2. **Variables climàtiques anuals:** mitjanes anuals de la temperatura mitjana, temperatura mínima, temperatura màxima i precipitació. Temperatura mínima del mes més fred, temperatura màxima del mes més càlid, índex de continentalitat, índex tèrmic i índex Emberger.

## 4.7. Anàlisi estadística de les dades

L'anàlisi estadística sols s'ha dut a terme amb les localitzacions de la península Ibèrica, ja que no estan disponibles les dades climàtiques d'altres territoris.

Per esbrinar si hi ha alguna relació entre floració i clima, en primer lloc, s'han realitzat correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals i mensuals, així com amb els índexs climàtics. En les anàlisis s'ha diferenciat entre utilitzar totes les poblacions, només les de floració primerenques (període de floració comprès entre el juliol i el desembre) o les de floració tardana (floració entre gener i abril).

Per altra banda, s'han realitzat t-test per les dades climàtiques anuals i mensuals, però també pels diferents índexs, per comparar les poblacions de floració primerenca i tardana i veure diferències en aquestes variables, pel cas de les inflorescències i de les espigues de capítols.

Finalment, l'últim test utilitzat ha estat el de la  $\chi^2$  per a taules de contingència 2x2. Aquest permet comparar l'associació entre dues variables qualitatives. S'han realitzat per comparar l'ocurrència de braquiblasts i espigues de capítols entre les poblacions primerenques i tardanes.

En tots els casos, també s'ha analitzat què succeïa al utilitzar no només els plecs que presentaven una inflorescència estadi B. En aquest sentit, s'ha utilitzat una mostra molt més gran de plecs, formada per aquells amb una inflorescència estadi B, FB i BM. Quan només s'utilitzen els plecs amb inflorescència estadi B es treballa amb dades que tenen una alta precisió climàtica, mentre que ampliant la mostra permet veure si augmentant el rang es segueixen complint les relacions trobades. En totes aquestes anàlisis estadístiques s'ha considerat com a significatiu, quan el valor de p\_valor obtingut era inferior a 0,05. En els dos primers casos, s'ha utilitzat el programa *StatView*, mentre que en l'últim cas s'ha fet servir el programa *Statistica*.

Per comprovar si les diferències existents al estudiar les poblacions en funció de la seva precisió eren importants, s'han comparat els valors del p\_valor obtinguts per les diferents correlacions.

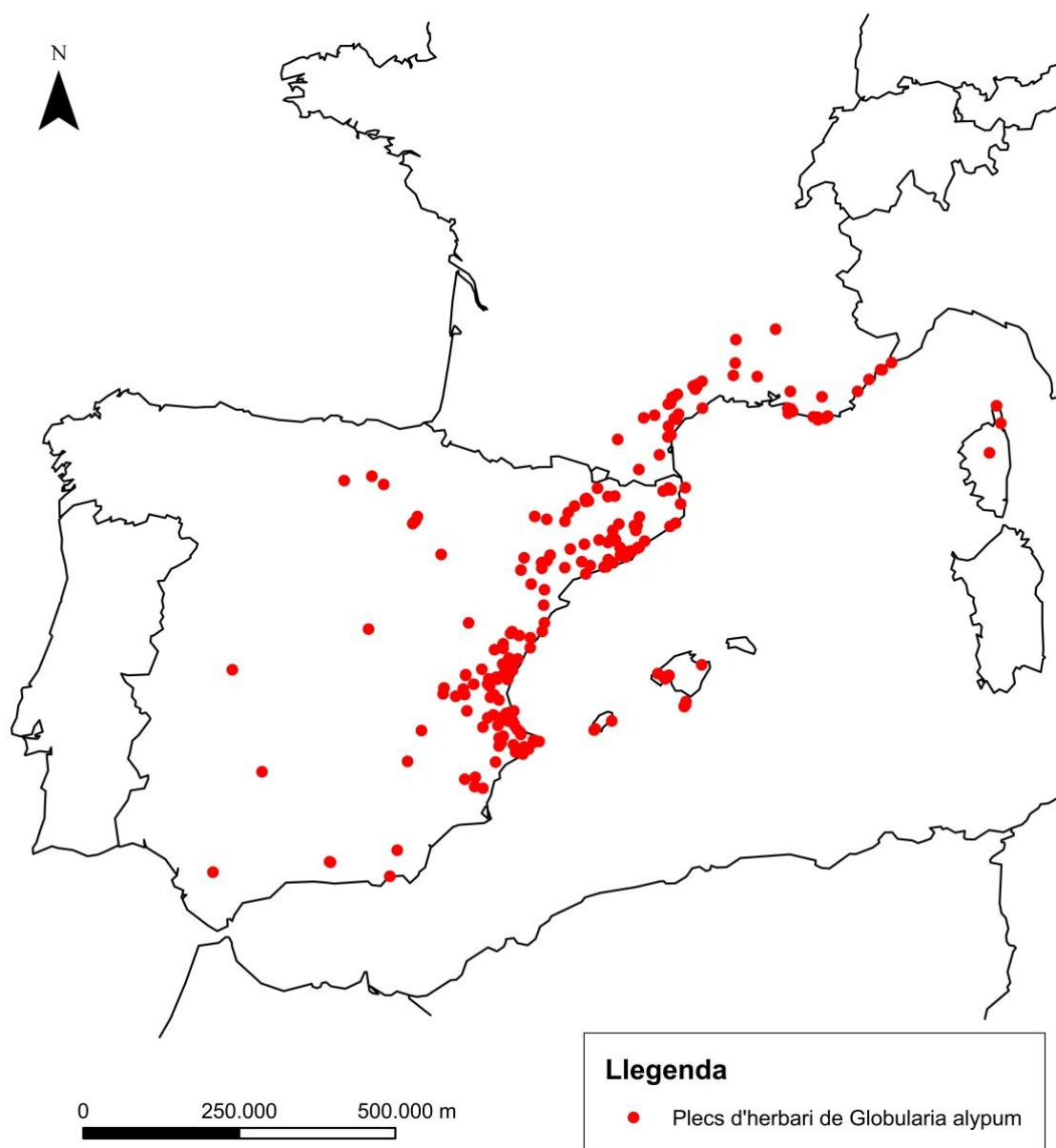
Per completar l'anàlisi estadística s'han elaborat una sèrie de gràfiques que ens mostren les correlacions existents entre la variable nombre de mesos des de la transició floral i les variables climàtiques anuals. En les gràfiques es fa la distinció entre els dos patrons de floració i hi consten els valors de la  $R^2$  obtinguts. Per elaborar aquestes correlacions s'han agafat les dades de cada mes i s'han calculat les mitjanes i errors estàndards dels diferents índexs i variables climàtiques. Això difereix amb el que es feia en les altres correlacions, on es feien les regressions agafant tots els valors (sense fer la mitjana per cada mes).

## **5. RESULTATS**



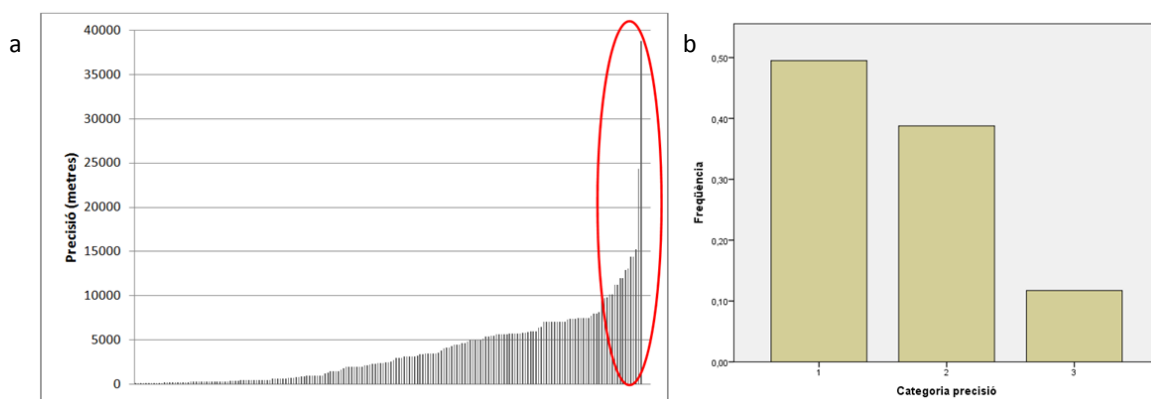
## 5. RESULTATS

Mitjançant la georeferenciació retrospectiva dels plecs s'han pogut localitzar 339 plecs de *G. alypum*, els quals presenten diferents característiques fenològiques. En les anàlisis posteriors, només s'han utilitzat els plecs que presenten els trets que es volen avaluar. En la figura 7, es pot observar la distribució a la regió Mediterrània occidental dels diferents plecs de *G. alypum* georeferenciats a partir de les dades dels herbaris.



**Figura 7.** Distribució dels plecs de *G. alypum* georeferenciats a partir dels herbaris del Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal de la Universitat de Barcelona, de l'Institut Botànic de Barcelona, del Jardí Botànic de la Universitat de València i de la Universitat de Montpel·lier. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

Els resultats que s'han obtingut al considerar les diferents categories de precisió mostren que les diferències no són importants. Com es pot observar en la figura 8, el nombre de plecs amb una precisió baixa és menor en comparació amb les de precisió molt bona o bona. Per altra banda, s'ha comprovat estadísticament si les diferències obtingudes en els valors del p\_valor eren importants. Això no ha estat així, i per tant, un cop establert que la precisió no afecta de forma significant als patrons de distribució, s'ha decidit que s'utilitzaran totes les dades, independentment de quina sigui la seva precisió, en les anàlisis posteriors.

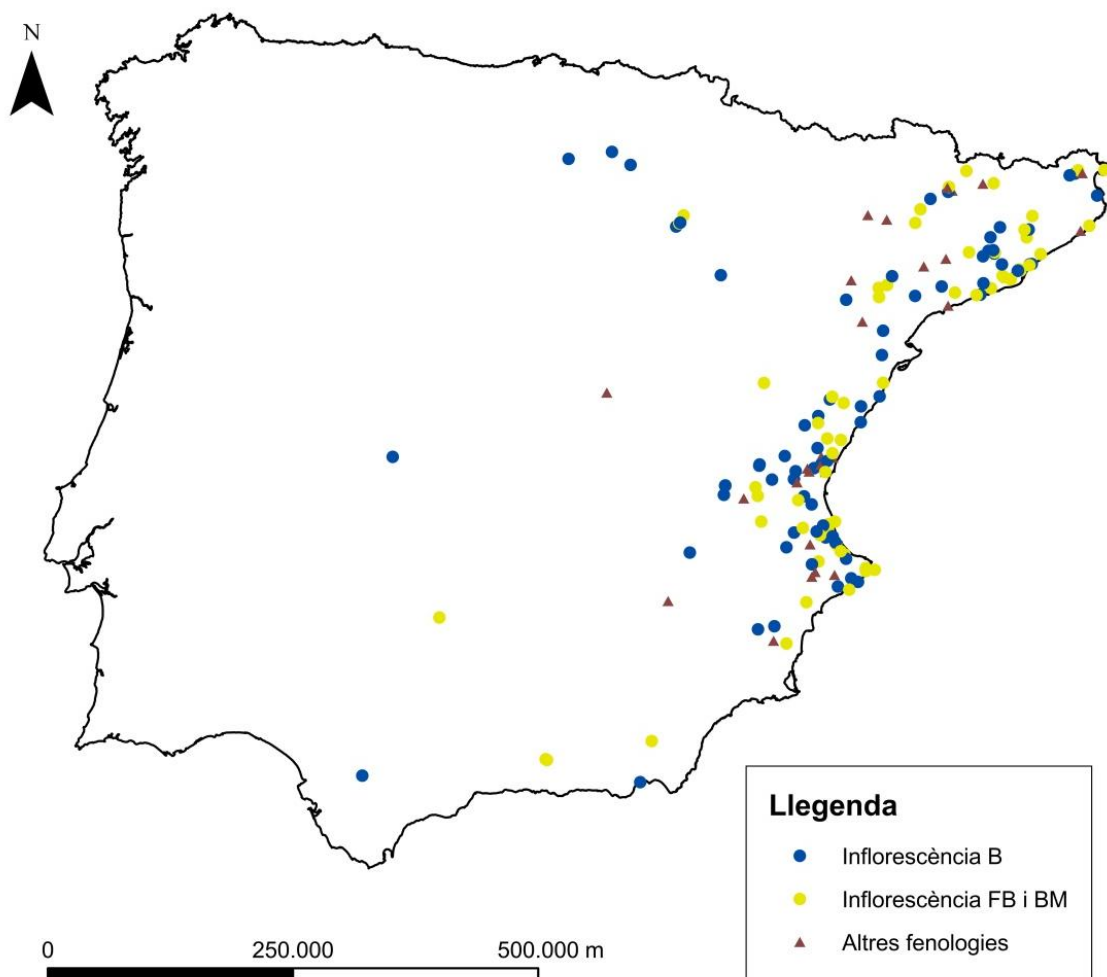


**Figura 8. Precisió de les dades georeferenciades de la península Ibèrica.** a) Distribució de les dades georeferenciades en funció de la seva precisió (dins el cercle vermell hi ha les de precisió baixa); b) Freqüència de cada categoria de precisió (1: precisió molt bona; 2: precisió bona; 3: precisió baixa). Font: Elaboració pròpia.

## 5.1. Distribució de la *G. alypum* a la península Ibèrica

A continuació, s'exposa la figura 9 on es troben representats tots els plecs de *G. alypum* georeferenciats per a la península Ibèrica. En ella s'hi pot distingir la distribució dels plecs amb inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus) i dels que presenten inflorescència estadi FB (algunes inflorescències obertes però amb els pètals no desplegats i d'altres blaves) i BM (algunes inflorescències blaves i d'altres marrons). Els plecs que seran utilitzats en anàlisis posteriors són els que presenten una inflorescència estadi B, FB i BM.



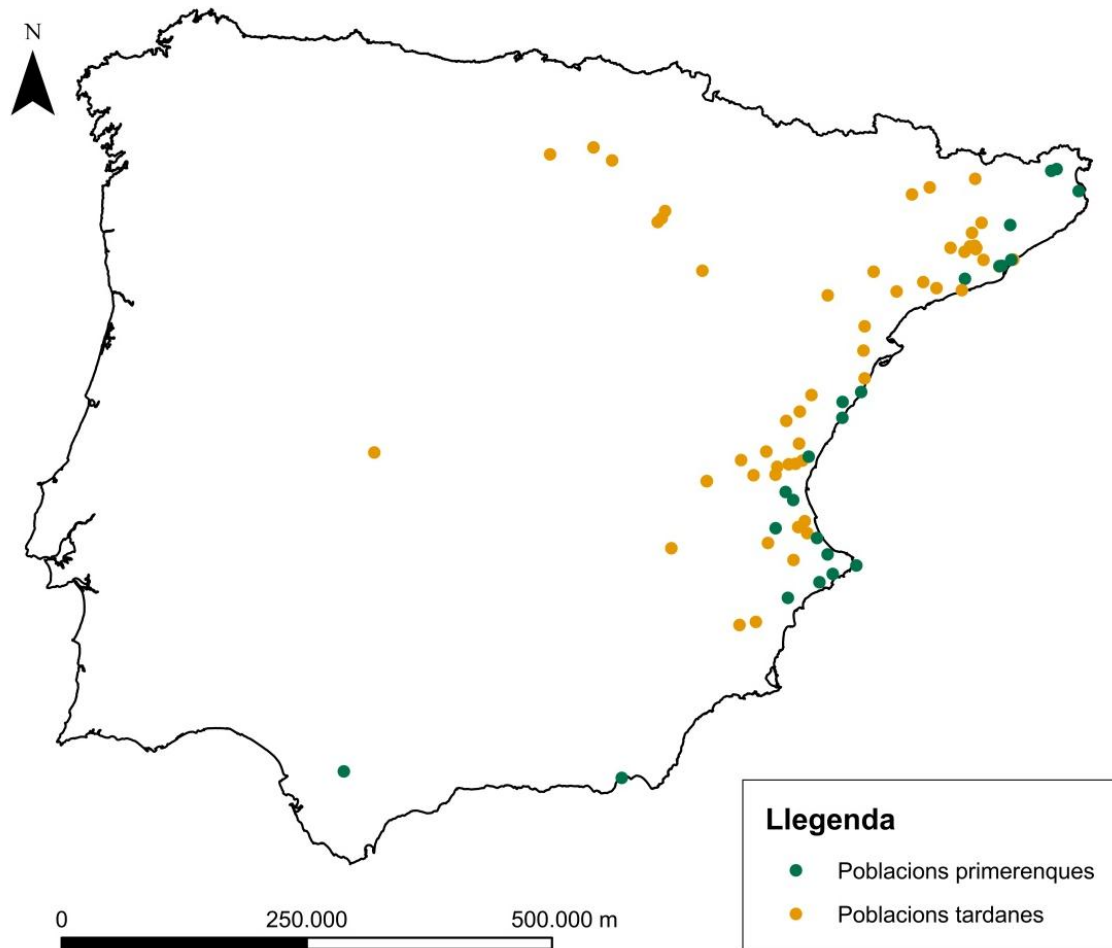


**Figura 9. Distribució dels plecs de *G. alypum* georeferenciats per a la península Ibèrica.** Es distingeix entre els que presenten una inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus) i aquells amb una inflorescència estadi FB (algunes inflorescències obertes però amb els pètals no desplegats i d'altres blaves) i BM (algunes inflorescències blaves i d'altres marrons). S'entén com a altres fenologies els plecs que presenten inflorescència en un altre estadi i els que no presenten creixement de l'any. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

### 5.1.1. Inflorescència

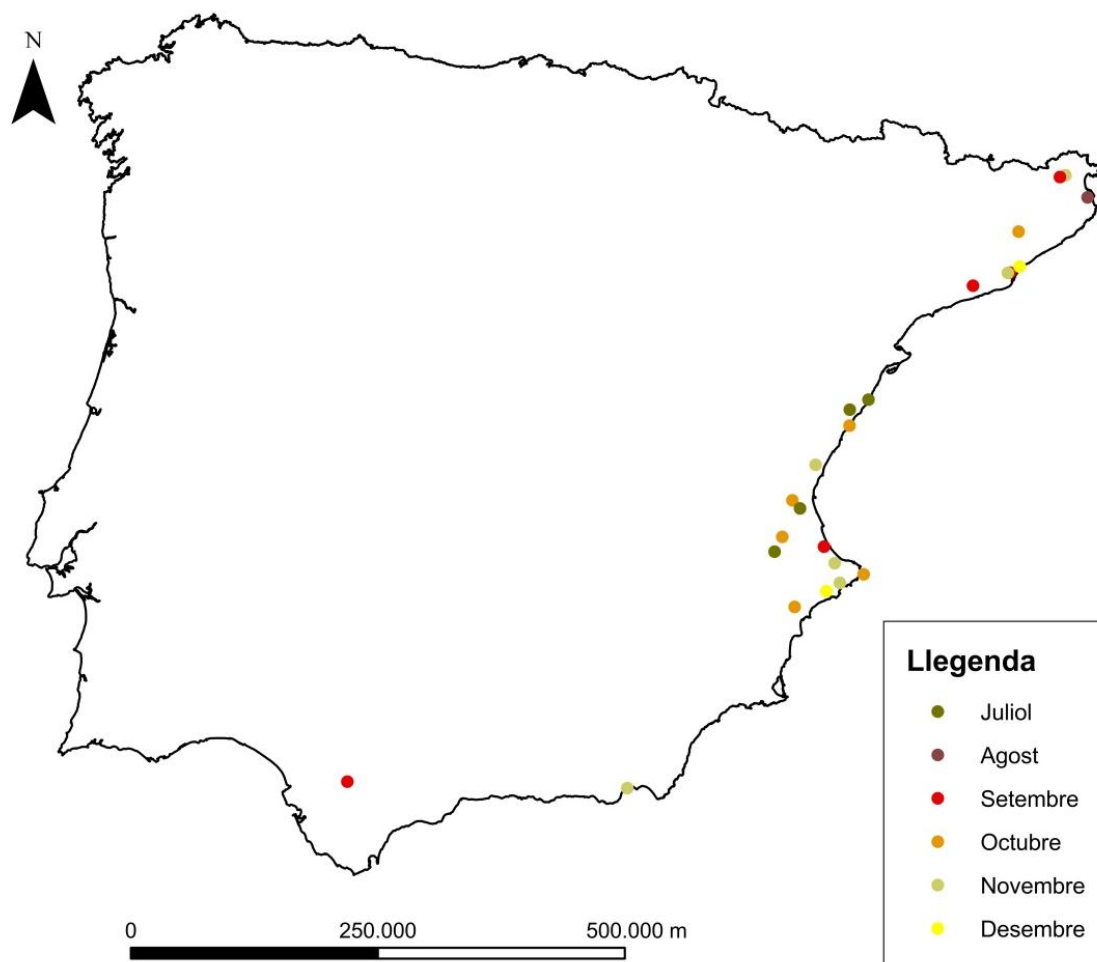
Tenint en compte la diferenciació entre poblacions primerenques i tardanes de Estiarte *et al.*, 2011, primerament, s'han analitzat quins eren els patrons de distribució de l'espècie en funció del seu període de floració. D'aquesta forma les plantes de floració primerenca comprendrien els sis primers mesos (del juliol al desembre) i les de floració tardana els quatre restants (del gener a l'abril). Els mesos 11 i 12, és a dir, maig i juny, no queden inclosos ja que en aquest període no es coneix si la floració de la planta correspon a plantes de floració primerenca o tardana, pel fet que els períodes es

solapen. Per altra banda, només s'han considerat els plecs amb inflorescència estadi B. Es pot observar com les poblacions primerenques tendeixen a localitzar-se a zones properes a la costa, mentre que les poblacions tardanes es situen cap a zones més interiors, malgrat que es poden trobar plecs situats a la costa florint en el període inclòs dins les poblacions de floració tardana (figura 10). Els resultats obtinguts, van en la mateixa línia que estudis realitzats prèviament.



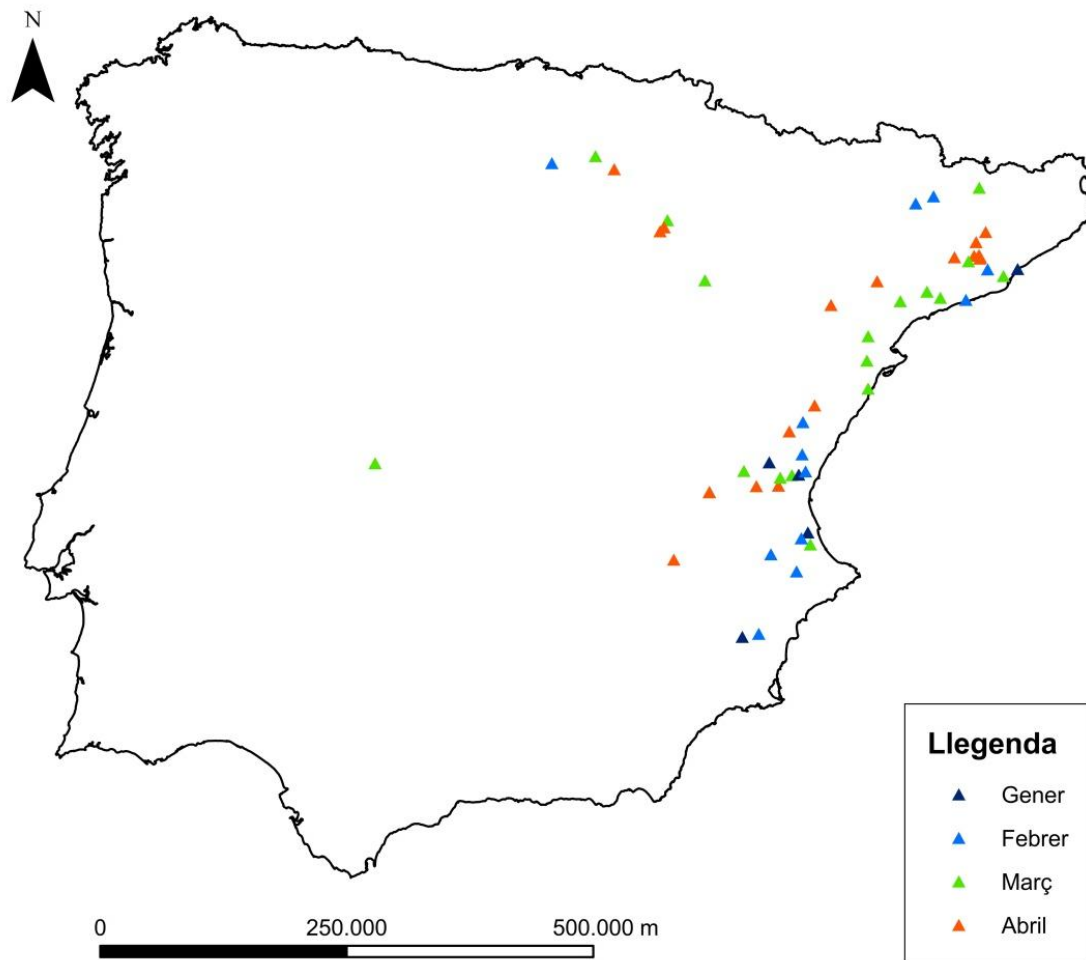
**Figura 10. Distribució a la península Ibèrica dels plecs de *G. alypum* distingint entre les poblacions de floració primerenca i les poblacions de floració tardana.** Les poblacions de floració primerenca floreixen entre juliol i desembre i les de floració tardana ho fan entre gener i abril. Els plecs representats són els que presenten una inflorescència estadi B. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

Per altra banda, s'ha procedit a estudiar com es distribueixen els plecs dels dos grups (primerenques i tardanes) en funció del mes en el qual floreixen per veure si hi ha algun patró. Els resultats obtinguts es mostren seguidament (figures 11 i 12).



**Figura 11. Distribució a la península Ibèrica dels plecs de *G. alypum* per a les poblacions primerenques en funció del seu mes de floració.** Hi ha representats els plecs que presenten una inflorescència estadi B. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

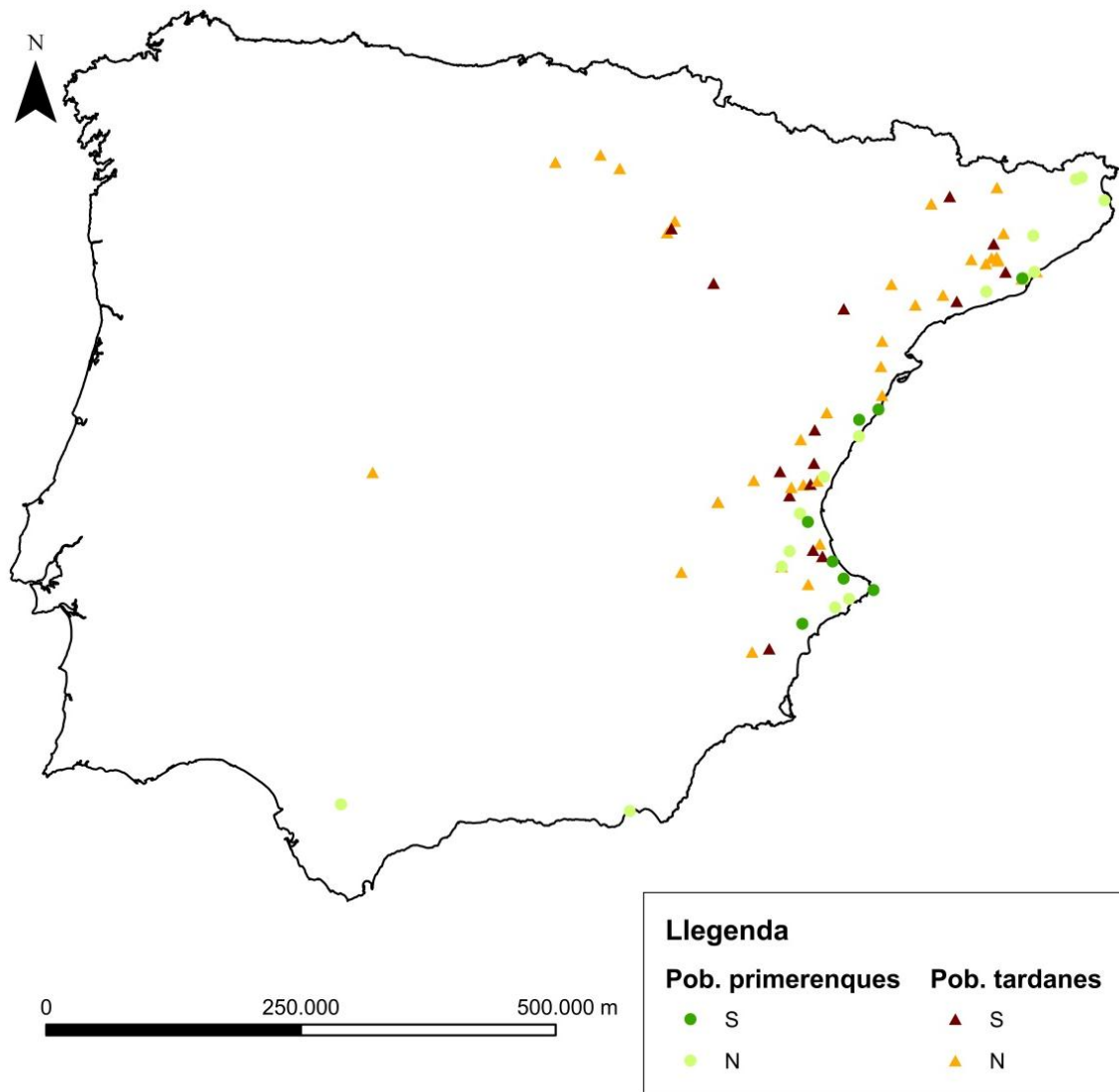
D'acord amb la figura 11, en les poblacions primerenques no es pot afirmar que a mesura que transcorren els mesos des de la transició floral cada cop vagin apareixent plecs cap a zones més interiors, sinó que es veu una gran variabilitat. Per altra banda, en el cas de les poblacions tardanes (figura 12), també hi ha força variabilitat però sembla que hi ha una major tendència a trobar plecs cap a zones més interiors a mesura que avancen els mesos, malgrat no es pugui afirmar per falta de dades estadístiques que ho demostrin. Cal destacar que el marc climàtic en el qual s'està treballant pot ésser molt complex (per exemple, amb presència de microclimes a nivell local), que junt amb la variabilitat d'estadis estudiats podrien provocar modificacions d'aquests patrons generals.



**Figura 12. Distribució a la península Ibèrica dels plecs de *G. alypum* per a les poblacions tardanes en funció del seu mes de floració.** Hi ha representats els plecs que presenten una inflorescència estadi B. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

### 5.1.2. Braquiblast

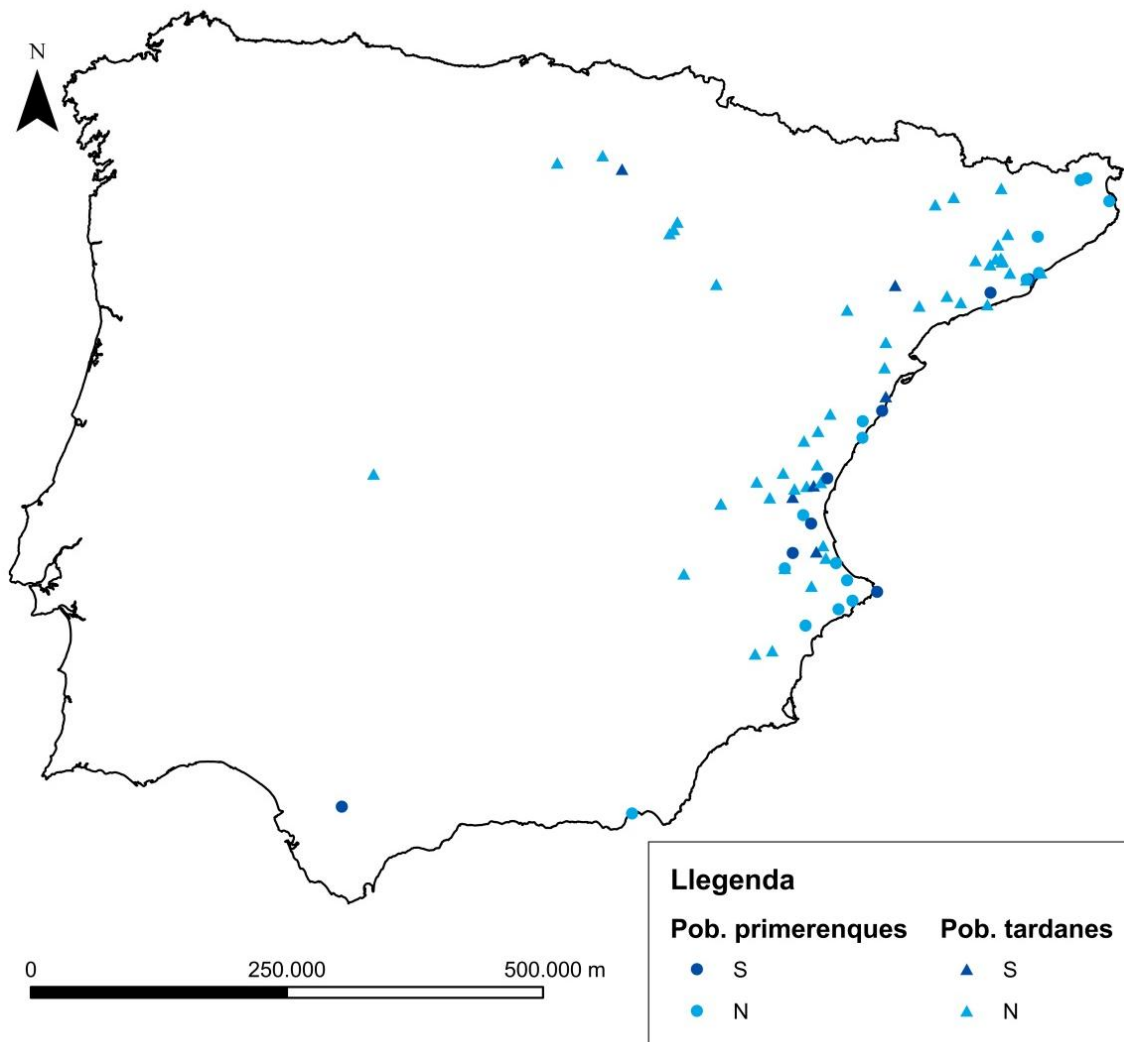
En la figura 13 es pot veure com la distribució dels plecs en funció d'aquesta característica sembla que no segueixi cap patró concret. El patró és similar tant si es tenen en consideració només aquells plecs amb inflorescència estadi B o s'inclouen també les inflorescències FB i BM.



**Figura 13. Distribució a la península Ibèrica dels plecs de *G. alypum* en funció de la presència o absència de braquiblasts.** Les poblacions primerenques floreixen entre juliol i desembre, mentre que les poblacions tardanes ho fan entre gener i abril. Es distingeixen dues categories: S (presència de braquiblasts, incloent els braquiblasts CB) o N (no presenten braquiblasts). Els plecs representats són els que presenten una inflorescència estadi B. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

### 5.1.3. Espiga de capítols

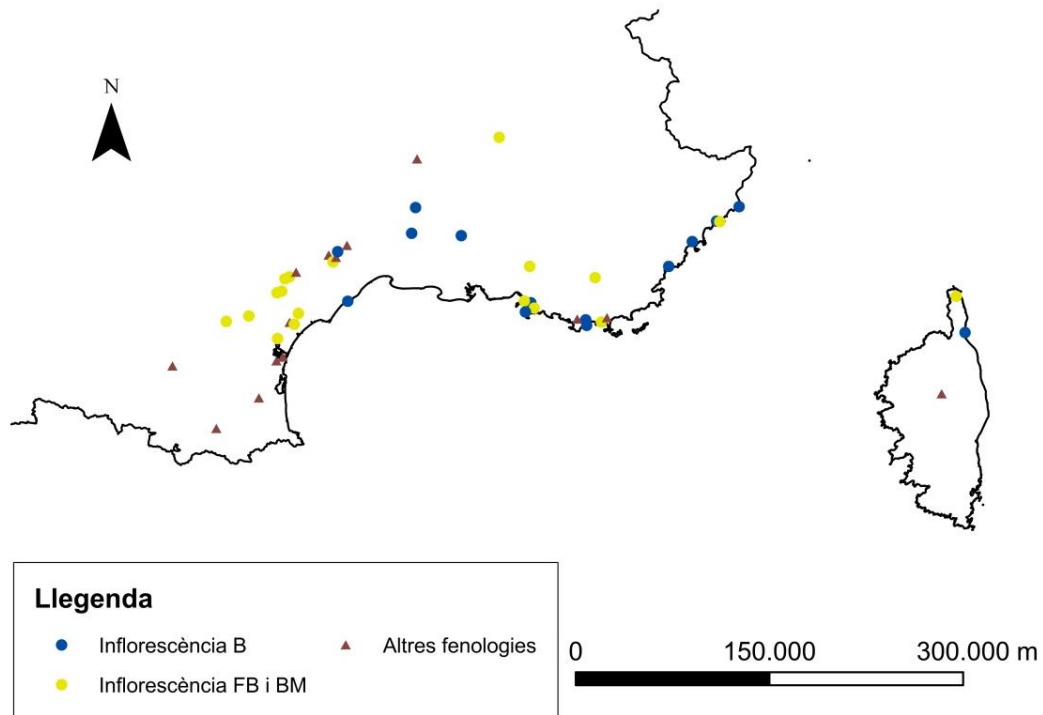
En aquest cas, els resultats sembla que van en la línia de l'existència de diferències en la presència d'espiga de capítols en funció de si les poblacions són primerenques o tardanes. Evidentment, a nivell visual és difícil afirmar-ho amb certesa però com es veurà posteriorment, les anàlisis estadístiques així ho corroboren. Les poblacions primerenques presenten més espigues de capítols respecte les tardanes (figura 14). Els resultats obtinguts són els mateixos independentment d'utilitzar sols els plecs amb inflorescència estadi B o els que també presenten inflorescència estadi FB i BM.



**Figura 14. Distribució a la península Ibèrica dels plecs de *G. alypum* en funció de la presència o absència d'espiga de capítols.** Les poblacions primerenques floreixen entre juliol i desembre, mentre que les poblacions tardanes ho fan entre gener i abril. Es distingeixen dues categories: S (presència d'espiga de capítols) i N (no tenen espiga de capítols). Els plecs representats són els que presenten una inflorescència estadi B. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

## 5.2. Distribució de la *G. alypum* a França

A continuació, s'exposa la figura 15 on es troben representats tots els plecs de *G. alypum* georeferenciats per a la costa Mediterrània de França. Igual com s'ha vist en el cas de la península Ibèrica, en ell s'hi pot veure la distribució dels plecs amb inflorescència estadi B i dels que presenten una inflorescència estadi FB i BM.

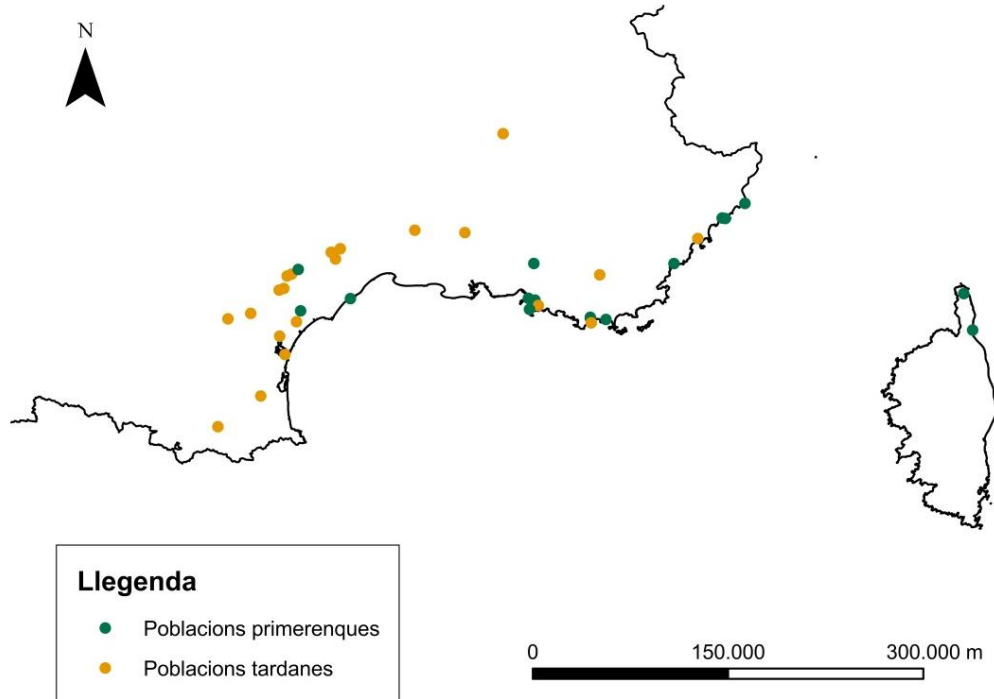


**Figura 15. Distribució dels plecs de *G. alypum* georeferenciats per a la costa Mediterrània de França.** Es distingeix entre els que presenten una inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus) i aquells amb una inflorescència estadi FB (algunes inflorescències obertes però amb els pètals no desplegats i d'altres blaves) i BM (algunes inflorescències blaves i d'altres marrons). S'entén com a altres fenologies els plecs que presenten inflorescència en un altre estadi i els que no presenten creixement de l'any. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

### 5.1.1. Inflorescència

Les poblacions primerenques es situen a les zones properes a la costa, mentre que les poblacions tardanes ja ocupen zones més interiors (figura 16).

Per altra banda, els pocs plecs georeferenciats dels quals es disposa per aquest àmbit dificulten la interpretació dels resultats a l'hora d'analitzar el mes en què té lloc la floració. Per aquest motiu, no es comenta res al respecte tot i que els mapes que ho mostren es poden consultar a l'apartat annexos del present projecte (figures 34 i 35 respectivament).



**Figura 16. Distribució a França dels plecs de *G. alypum* distingint entre les poblacions de floració primerenca i les poblacions de floració tardana.** Les poblacions de floració primerenca floreixen entre juliol i desembre, mentre que les de floració tardana ho fan entre gener i abril. Els plecs representats són els que presenten una inflorescència estadi B, FB i BM. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

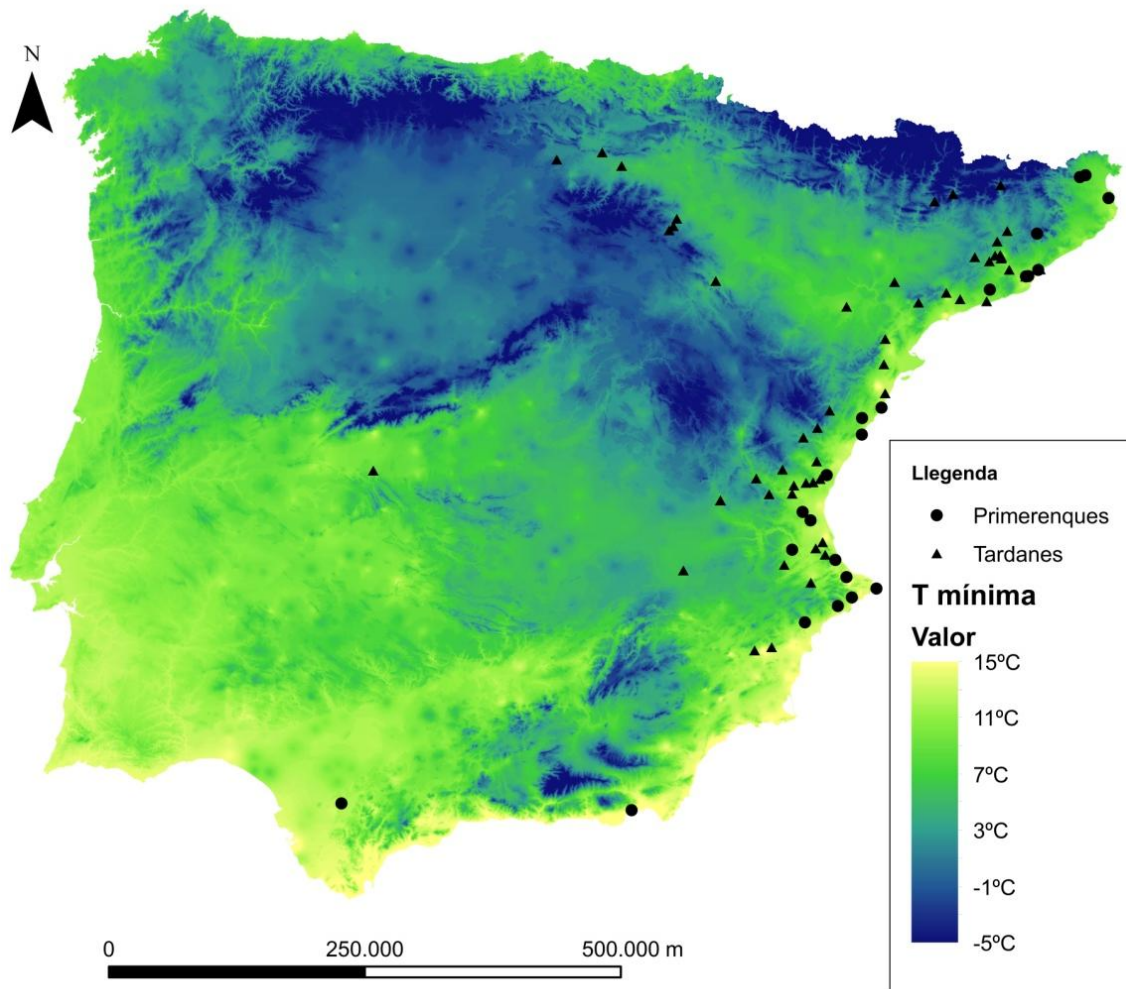
### 5.1.2. Braquiblast i espiga de capítols

Les poques dades de les quals es disposa dificulten la realització d'una anàlisi individualitzada per aquesta zona. De totes maneres, els mapes elaborats durant el procés d'anàlisi sembla que van en la mateixa línia que els resultats obtinguts per a la península Ibèrica. En el cas dels braquiblasts no s'observa una tendència clara, mentre que en el cas de les espigues de capítols, com es veurà en les anàlisis estadístiques posteriors, sí que s'obtenen diferències entre les dues poblacions al incloure els plecs de França en la mostra, essent les poblacions primerenques, les que presenten espiga de capítols amb major freqüència.

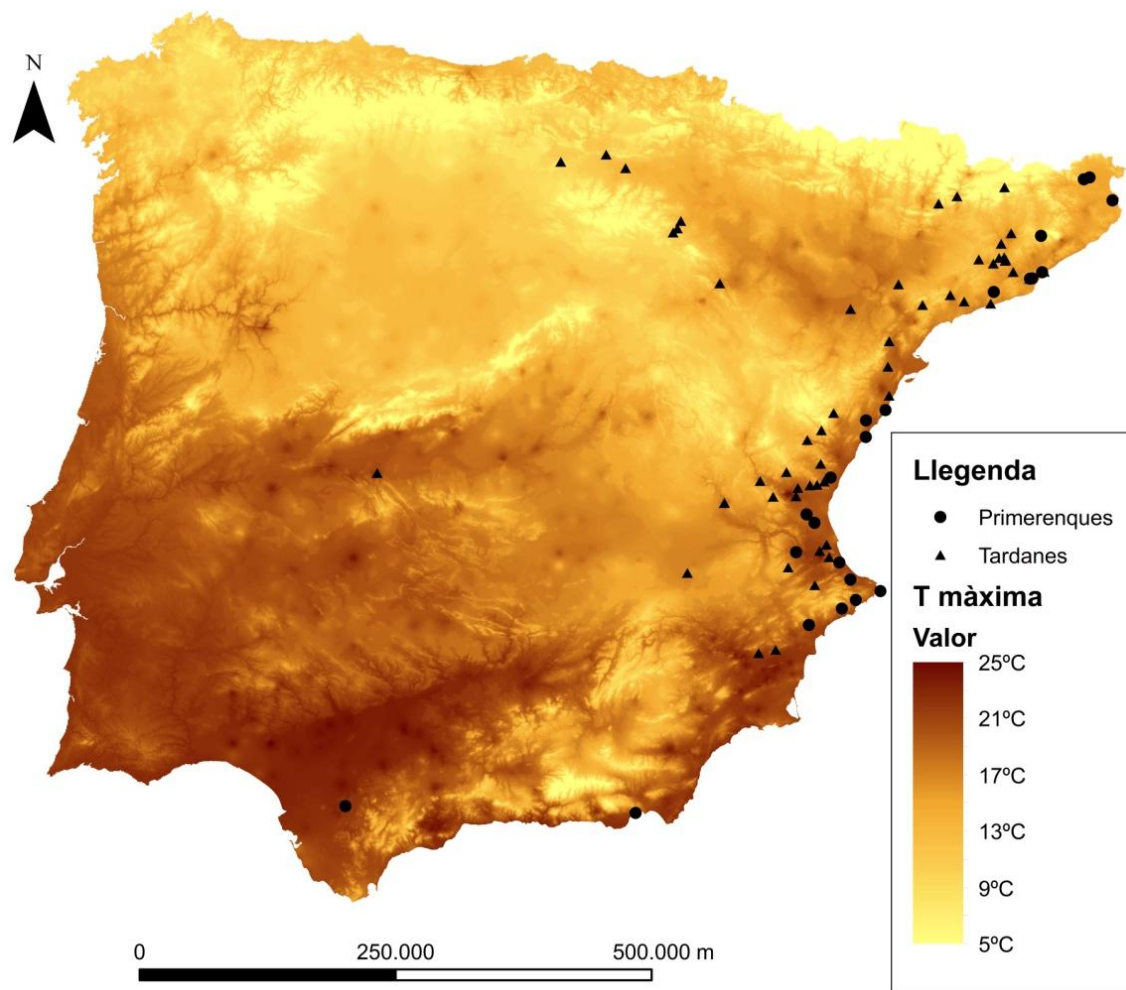
### 5.3. Distribució de la *G. alypum* a la península Ibèrica amb les variables climàtiques anuals

A continuació, s'exposa una sèrie de mapes de la península Ibèrica amb la distribució dels plecs que presenten una inflorescència B distingint entre poblacions primerenques i tardanes.

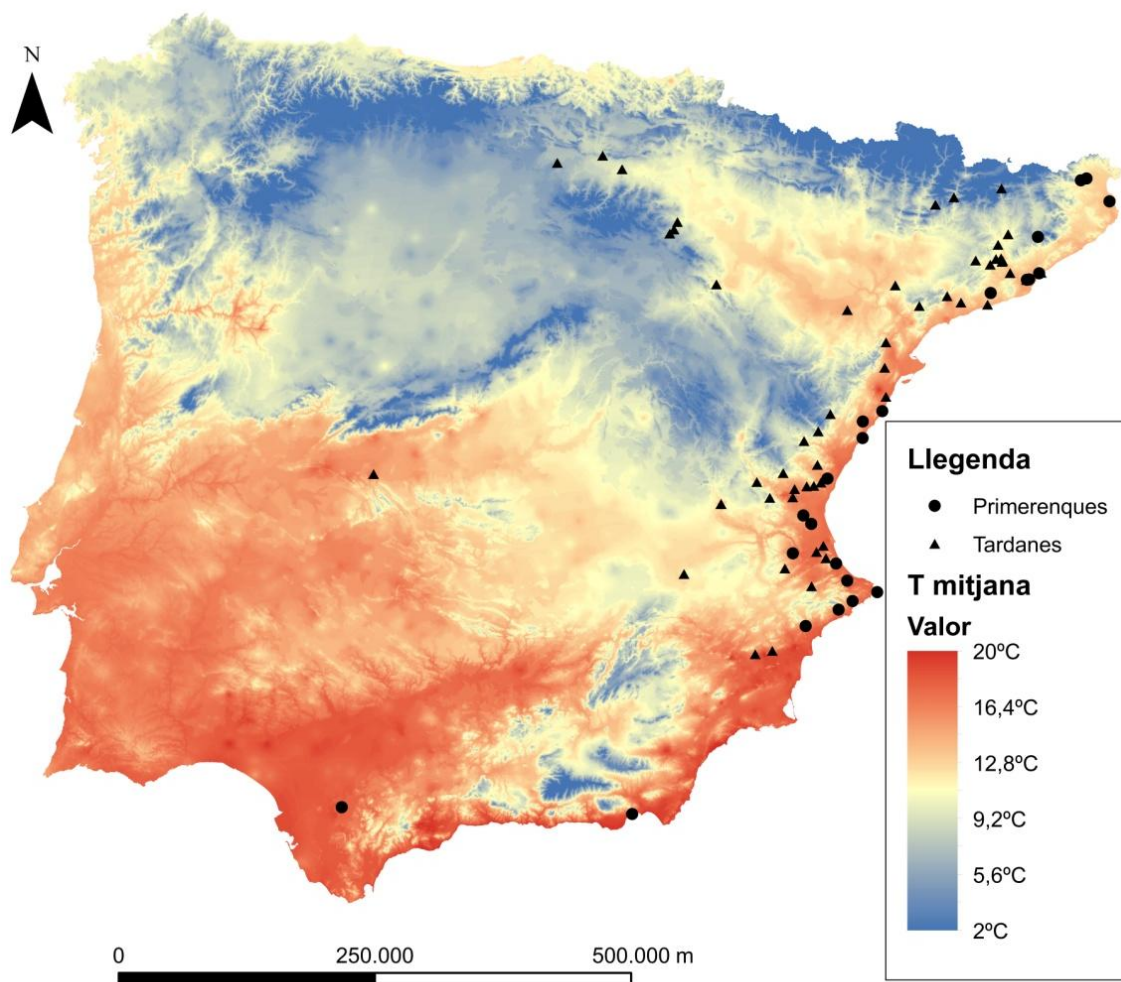




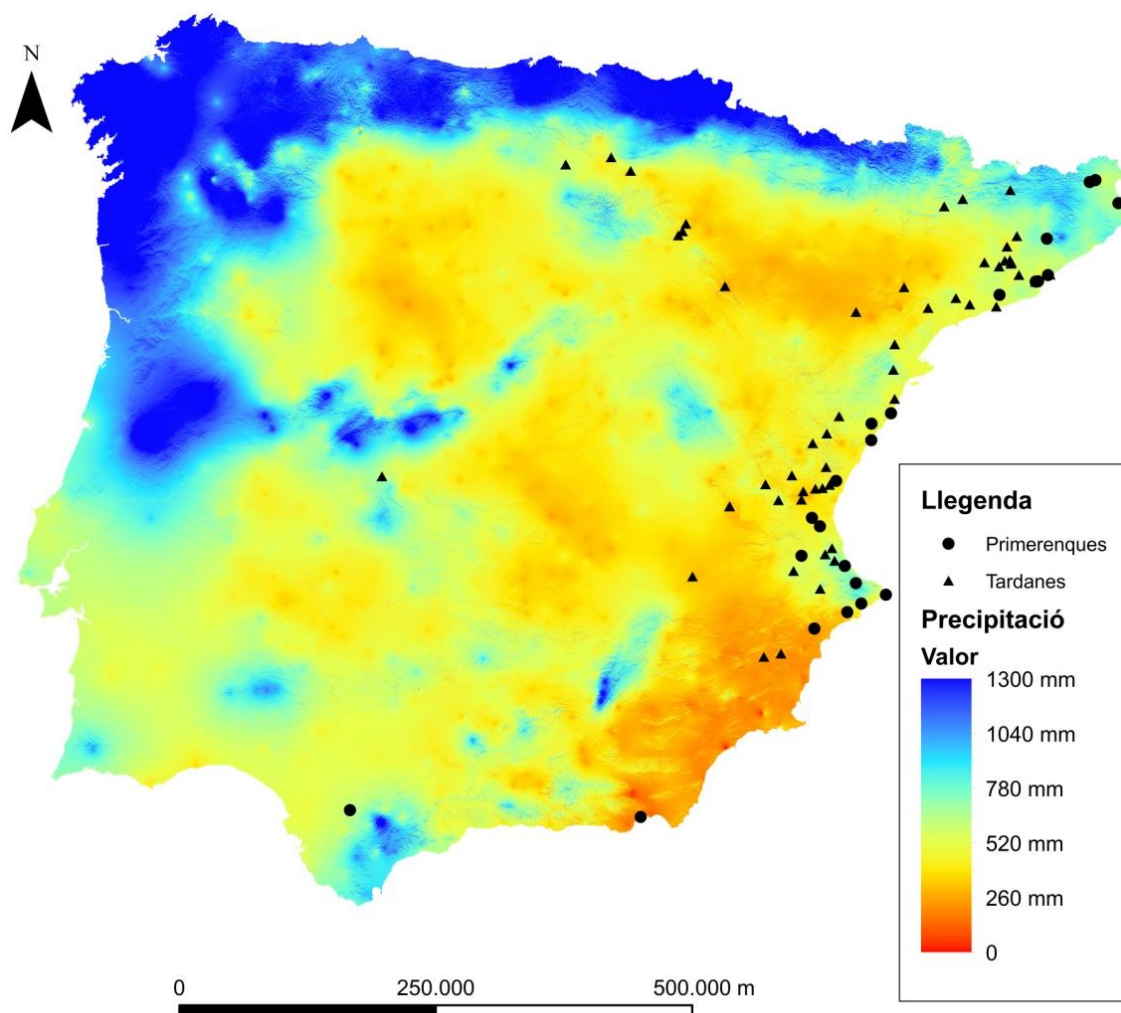
**Figura 17. Distribució dels plecs de *G. alypum* que presenten una inflorescència estadi B en funció de si són primerenques o tardanes per a la temperatura mínima anual. Com a base s'ha utilitzat la temperatura mínima anual de la península Ibèrica disponible a Ninyerola *et al.*, 2005. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.**



**Figura 18.** Distribució dels plecs de *G. alypum* que presenten una inflorescència estadi B en funció de si són primerenques o tardanes per a la temperatura màxima anual. Com a base s'ha utilitzat la temperatura màxima anual de la península Ibèrica disponible a Ninyerola *et al.*, 2005. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.



**Figura 19.** Distribució dels plecs de *G. alypum* que presenten una inflorescència estadi B en funció de si són primerenques o tardanes per a la temperatura mitjana anual. Com a base s'ha utilitzat la temperatura mitjana anual de la península Ibèrica disponible a Ninyerola *et al.*, 2005. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.



**Figura 20.** Distribució dels plecs de *G. alypum* que presenten una inflorescència estadi B en funció de si són primerenques o tardanes per a la precipitació anual. Com a base s'ha utilitzat la precipitació anual de la península Ibèrica disponible a Ninyerola *et al.*, 2005. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

Aquests quatre mapes anteriors (figures 17 - 20) exposen com es distribueixen els plecs en funció de si pertanyen a poblacions de floració primerenca o tardana utilitzant com a base les variables climàtiques de la península Ibèrica disponibles a Ninyerola *et al.*, 2005.

## 5.4. Relacions entre la floració i el clima a la península Ibèrica; resultats de l'anàlisi estadística

### 5.4.1. Inflorescència

Primerament, s'exposen els resultats obtinguts per a les regressions amb les dades climàtiques mensuals dels plecs amb inflorescència estadi B.

#### Totes les poblacions

S'observa que com més baixa és la temperatura, més tard floreixen les poblacions. Així, existeix una correlació negativa entre el nombre de mesos des de la transició floral i la temperatura mínima mensual i la temperatura mitjana mensual al llarg de tots els mesos, mentre que en la temperatura màxima mensual la correlació negativa només es dona en el període comprès entre octubre i abril. Per altra banda, els intervals tèrmics mensuals es correlacionen positivament amb el nombre de mesos des de la transició floral en el període entre maig i octubre. Les correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades de precipitació, són més variables, amb correlacions negatives al gener, febrer, octubre i desembre, i positives en el període entre maig i juliol (Taula 1a).

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
<b>a. Totes les poblacions</b>												
T mín.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T màx.	-	-	-	-	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
T mit.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T màx. – T mín.	ns	ns	ns	ns	+	+	+	+	+	+	ns	ns
Precip.	-	-	ns	ns	+	+	+	ns	ns	-	ns	-
<b>b. Poblacions primerenques</b>												
T mín.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T màx.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T mit.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T màx. – T mín.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Precip.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>c. Poblacions tardanes</b>												
T mín.	-	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	-	-
T màx.	-	-	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
T mit.	-	-	-	-	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
T màx. – T mín.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Precip.	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**Taula 1. Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques mensuals.** Entre elles hi ha les mitjanes mensuals de la temperatura mínima (T mín.), temperatura màxima (T màx.), temperatura mitjana (T mit.), la precipitació (Precip.) i els intervals tèrmics (T màx. – T mín.) per (a) totes les poblacions (n=87), (b) poblacions primerenques (n=26) o (c) per a les poblacions tardanes (n=61), dels plecs amb inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus), sense considerar el maig i el juny. Els signes negatius (-) indiquen correlació negativa significativa, els (+) correlació positiva significativa i (ns) que no existeix correlació. Font: Elaboració pròpia.

## Poblacions primerenques i tardanes

En les poblacions primerenques, no s'ha trobat cap correlació amb les variables climàtiques mensuals (Taula 1b), però sí en el cas de les poblacions tardanes. El nombre de mesos des de la transició floral es correlaciona negativament amb la temperatura mínima mensual en tots els mesos a excepció del juliol. També, en el cas de la temperatura màxima mensual excepte el període entre abril i setembre, i per a la temperatura mitjana mensual excepte el període estival (juny, juliol, agost). Per altra banda, no s'ha trobat correlació entre el nombre de mesos des de la transició floral i els intervals tèrmics mensuals ni amb la precipitació, excepte el maig on en el cas de la precipitació hi ha una correlació positiva (Taula 1c). Cal remarcar que els mesos hivernals són els que presenten uns valors de la  $R^2$  més alts (consultar taula 5 dels annexos), evidentment, en els casos en els quals hi ha una correlació (temperatures mínima, màxima i mitjana).

Els resultats del t-test mostren com les poblacions primerenques i tardanes difereixen en els valors de les variables climàtiques mensuals. La temperatura mínima és més alta en tots els mesos per a les poblacions primerenques, la temperatura màxima és més alta en el període comprès entre octubre i març. Aquesta major temperatura també es reflexa en la temperatura mitjana, existint diferències en tots els mesos a excepció del juliol. Les poblacions tardanes presenten del març a l'octubre valors més grans en els intervals tèrmics. Per altra banda, al gener, febrer, octubre i desembre les poblacions primerenques presenten major precipitació, mentre que al maig i al juny aquesta és menor que en les tardanes (Taula 2).

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
T mín.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
T màx.	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
T mit.	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*
T màx. - T mín.	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns
Precip.	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*	ns	*

**Taula 2. Significança del t-test comparant les poblacions primerenques i tardanes en funció de les variables climàtiques a nivell mensual.** S'han comparat les mitjanes mensuals de la temperatura mínima (T mín.), de la temperatura màxima (T màx.), de la temperatura mitjana (T mit.) i de la precipitació (Precip.), així com, els intervals tèrmics (T màx.- T mín.) per als plecs amb inflorescència estadi B (n=87). En l'anàlisi no s'han tingut en compte les dades del maig i el juny. Els \* representen diferències significatives amb un p\_valor < 0,05, mentre que (ns) representa diferències no significatives. Font: Elaboració pròpia.

A continuació hi ha els resultats obtinguts de les anàlisis amb les variables climàtiques anuals dels plecs amb inflorescència estadi B.

## Totes les poblacions

Al estudiar totes les poblacions es troben correlacions negatives entre el nombre de mesos des de la transició floral i la temperatura mitjana anual, la temperatura mínima anual, la temperatura màxima anual, la temperatura mínima del mes més fred i l'índex tèrmic (It), mentre que existeix una correlació positiva amb l'índex de continentalitat (Ic) (Taula 3).

	Totes les poblacions	Poblacions primerenques	Poblacions tardanes
T mit.	-	ns	-
T mín.	-	ns	-
T màx.	-	ns	-
T mín. fred	-	ns	-
T màx. càlid	ns	ns	ns
Precip.	ns	ns	ns
Ic	+	ns	ns
It	-	ns	-
Q	ns	ns	ns

**Taula 3. Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals.** Entre elles hi ha la temperatura mitjana anual (T mit.), la temperatura mínima anual (T mín.), la temperatura màxima anual (T màx.), la temperatura mínima del mes més fred (T mín. fred), la temperatura màxima del mes més càlid (T màx. càlid), la precipitació anual (Precip.), l'índex de continentalitat (Ic), l'índex tèrmic (It) i l'índex Emberger (Q), per totes les poblacions (n=87), les poblacions primerenques (n=26) i les poblacions tardanes (n=61), dels plecs amb inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus). S'ha exclòs de l'anàlisi el maig i el juny. Els signes negatius (-) indiquen una correlació negativa significativa, els (+) una correlació positiva significativa i (ns) que no existeix correlació. Font: Elaboració pròpia.

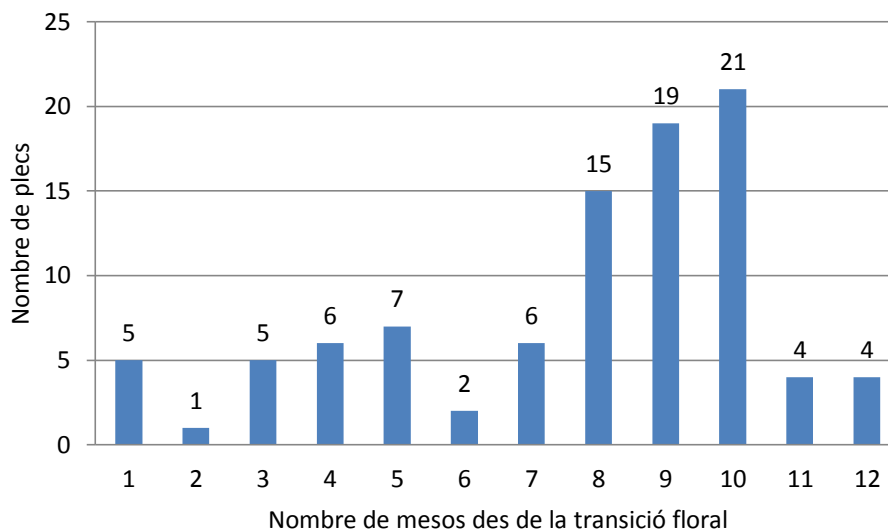
## Poblacions primerenques i tardanes

Al estudiar només les poblacions primerenques, no hi ha correlació entre el nombre de mesos des de la transició floral i les variables climàtiques anuals. No obstant, tal i com succeïa amb les dades climàtiques mensuals, en les poblacions tardanes el nombre de mesos des de la transició floral sí es correlaciona amb les variables climàtiques, trobant les mateixes correlacions excepte en el cas de l'índex de continentalitat (Taula 3).

Els resultats del t-test per a les variables climàtiques anuals mostren com les poblacions primerenques presenten temperatures (mitjana, mínima, màxima i mínima del mes més fred) anuals més altes que les poblacions tardanes. També valors més alts de l'índex tèrmic i més baixos per a l'índex de continentalitat. Per altra banda, no hi ha diferències en la precipitació anual, en la temperatura màxima del mes més càlid ni en l'índex Emberger (Taula 11 dels annexos).

Seguidament, es mostren les correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals (de les quals s'han calculat les mitjanes per cada mes) distingint entre les poblacions de floració primerenca i les de floració tardana.

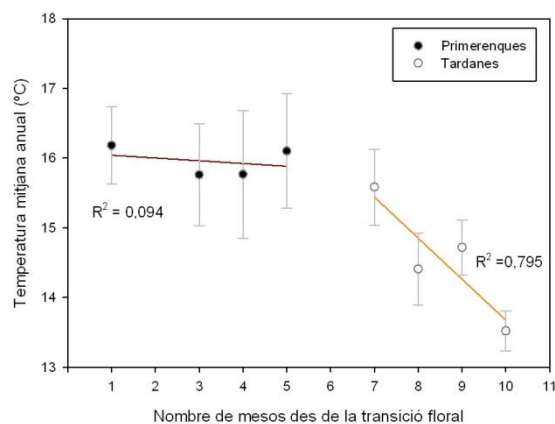
Les figures 22 – 30 resumeixen els resultats obtinguts utilitzant les mitjanes climàtiques per a cada nombre de mesos des de la transició floral. En aquestes figures s'han exclòs alguns mesos: l'agost, el desembre, el maig i el juny. En el cas de l'agost i el desembre, la raó és que només es disposa d'un plec en el primer cas i dos en el segon (Figura 21). Al disposar de mostres tant petites no són representatives de la realitat, i per això, s'ha decidit no considerar-les (s'ha establert com a límit  $n \geq 5$ ).



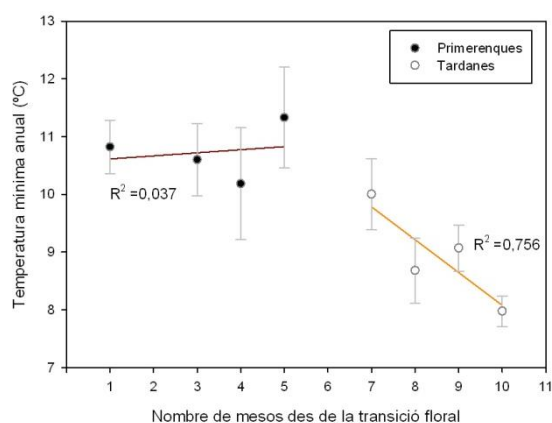
**Figura 21. Nombre de plecs dels quals es disposa per la variable nombre de mesos des la transició floral.** Nombre de mesos: juliol (1); agost (2); setembre (3); octubre (4); novembre (5); desembre (6); gener (7); febrer (8); març (9); abril (10); maig (11); juny (12). Font: Elaboració pròpia.

Per altra banda, hi ha el juny. Aquest no s'ha tingut en compte perquè es fa la suposició que la transició floral es dona al juny. A Catalunya s'ha observat que al juliol els individus de *G. alypum* ja han fet la transició floral (Estiarte *et al.*, 2011). No obstant, es desconeix el moment exacte en el qual aquesta té lloc. Així, analitzant la distribució dels individus amb floració al juny el més raonable seria que fossin de floració primerenca, però com que això no es coneix amb certesa s'ha decidit excloure aquestes dades. Finalment, el maig s'ha exclòs per dos motius: en primer lloc, perquè la mostra no és representativa ( $n < 5$ ), i per altra banda, perquè aquest mes sembla que es troba en la transició entre poblacions de floració primerenca i tardana. S'observa com hi ha dos plecs situats a la costa, els quals semblaria que són de floració primerenca, i dos plecs situats a l'interior, els quals semblaria que són de floració tardana.

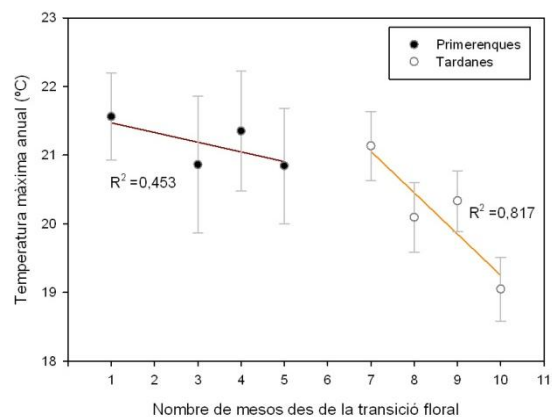




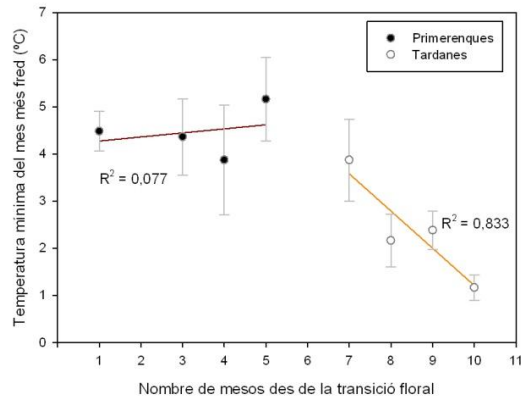
**Figura 22. Correlació entre la temperatura mitjana anual i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B.** Els valors de l'eix de les abscisses són els diferents mesos de floració: juliol (1), agost (2), setembre (3), octubre (4), novembre (5), desembre (6), gener (7), febrer (8), març (9), abril (10) i maig (11). Font: Elaboració pròpia.



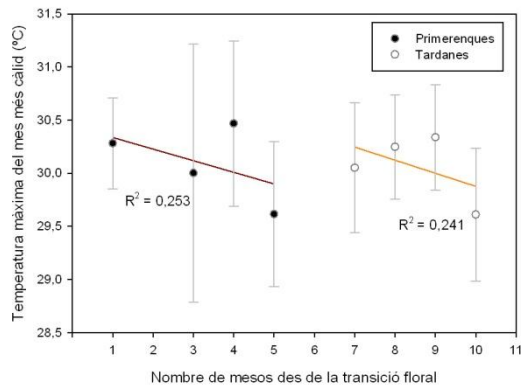
**Figura 23. Correlació entre la temperatura mínima anual i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B.** Els valors de l'eix de les abscisses són els diferents mesos de floració: juliol (1), agost (2), setembre (3), octubre (4), novembre (5), desembre (6), gener (7), febrer (8), març (9), abril (10) i maig (11). Font: Elaboració pròpia.



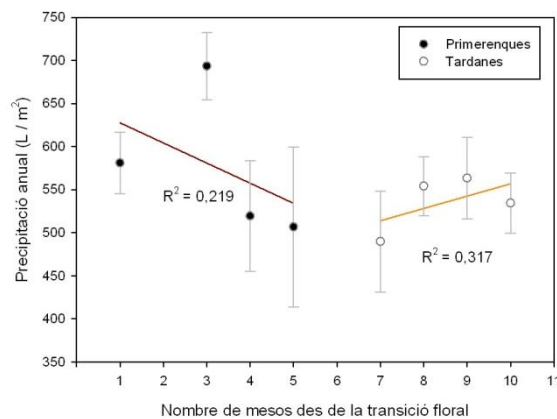
**Figura 24. Correlació entre la temperatura màxima anual i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B.** Els valors de l'eix de les abscisses són els diferents mesos de floració: juliol (1), agost (2), setembre (3), octubre (4), novembre (5), desembre (6), gener (7), febrer (8), març (9), abril (10) i maig (11). Font: Elaboració pròpia.



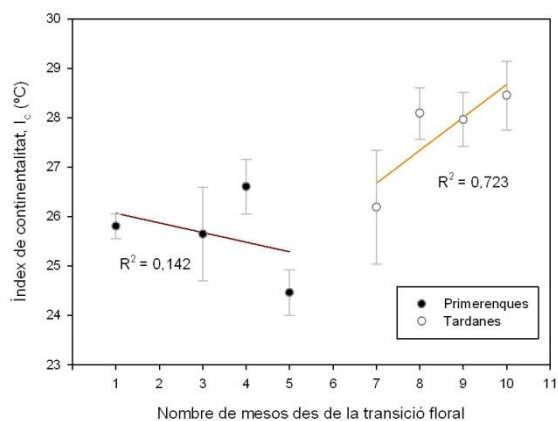
**Figura 25. Correlació entre la temperatura mínima del mes més fred i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B.** Els valors de l'eix de les abscisses són els diferents mesos de floració: juliol (1), agost (2), setembre (3), octubre (4), novembre (5), desembre (6), gener (7), febrer (8), març (9), abril (10) i maig (11). Font: Elaboració pròpia.



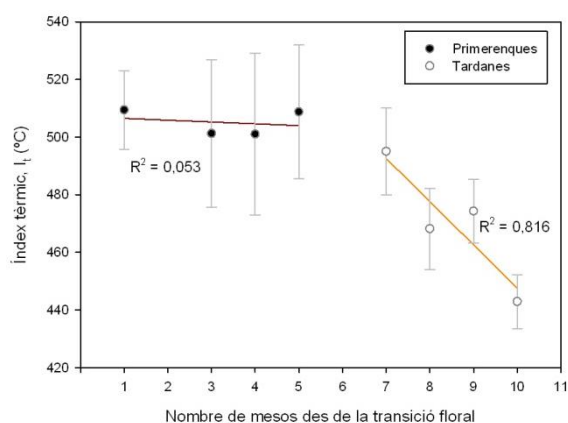
**Figura 26. Correlació entre la temperatura màxima del mes més càlid i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B.** Els valors de l'eix de les abscisses són els diferents mesos de floració: juliol (1), agost (2), setembre (3), octubre (4), novembre (5), desembre (6), gener (7), febrer (8), març (9), abril (10) i maig (11). Font: Elaboració pròpia.



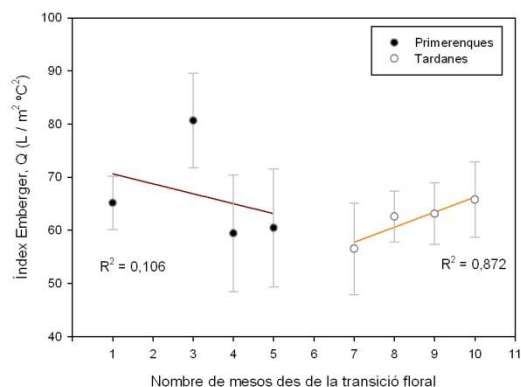
**Figura 27. Correlació entre la precipitació anual i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B.** Els valors de l'eix de les abscisses són els diferents mesos de floració: juliol (1), agost (2), setembre (3), octubre (4), novembre (5), desembre (6), gener (7), febrer (8), març (9), abril (10) i maig (11). Font: Elaboració pròpia.



**Figura 28. Correlació entre l'índex de continentalitat i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B.** Els valors de l'eix de les abscisses són els diferents mesos de floració: juliol (1), agost (2), setembre (3), octubre (4), novembre (5), desembre (6), gener (7), febrer (8), març (9), abril (10) i maig (11). Font: Elaboració pròpia.



**Figura 29. Correlació entre l'índex tèrmic i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B.** Els valors de l'eix de les abscisses són els diferents mesos de floració: juliol (1), agost (2), setembre (3), octubre (4), novembre (5), desembre (6), gener (7), febrer (8), març (9), abril (10) i maig (11). Font: Elaboració pròpia.



**Figura 30. Correlació entre l'índex Emberger i el nombre de mesos des de la transició floral per a les poblacions primerenques i tardanes amb inflorescència estadi B.** Els valors de l'eix de les abscisses són els diferents mesos de floració: juliol (1), agost (2), setembre (3), octubre (4), novembre (5), desembre (6), gener (7), febrer (8), març (9), abril (10) i maig (11). Font: Elaboració pròpia.

Els coeficients de correlació  $R^2$  més alts s'obtenen per a les poblacions tardanes, entre el nombre de mesos des de la transició floral i la temperatura mitjana anual ( $R^2= 0,795$ ), la temperatura mínima anual ( $R^2= 0,756$ ), la temperatura màxima anual ( $R^2= 0,817$ ), la temperatura mínima del mes més fred ( $R^2= 0,833$ ), l'índex de continentalitat ( $R^2= 0,723$ ), l'índex tèrmic ( $R^2= 0,816$ ) i l'índex Emberger ( $R^2= 0,872$ ).

Finalment, al realitzar les diferents anàlisis estadístiques utilitzant els plecs amb inflorescència estadi B, FB i BM els resultats han estat els següents. Per a les regressions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals, els resultats han estat idèntics al estudiar totes les poblacions. No obstant, al estudiar sols les poblacions tardanes no es troben correlacions. També apareix una correlació entre el nombre de mesos des de la transició floral i l'índex de continentalitat en el cas de les poblacions primerenques, encara que l'associació és molt feble. En els cas dels t-test els resultats també han estat els mateixos que al utilitzar només els plecs amb inflorescència estadi B.

### **5.4.2. Braquiblast**

Independentment de si s'analitzen els plecs amb inflorescència estadi B o si s'inclouen totes les inflorescències, els resultats obtinguts de la  $\chi^2$  donen que no existeixen diferències entre poblacions primerenques i tardanes i presència de braquiblast. Quan les anàlisis es realitzen incloent els plecs de les Illes Balears i França els resultats són molt similars.

### **5.4.3. Espiga de capítols**

Els resultats de la  $\chi^2$  per determinar diferències en la presència d'espiga de capítols entre poblacions primerenques i tardanes sí mostren l'existència de diferències. La freqüència d'espigues de capítols és més alta en les poblacions primerenques. Aquestes diferències són vàlides per a la península Ibèrica quan només s'utilitzen els plecs amb inflorescència estadi B ( $p = 0,021$ ) i quan també s'utilitzen totes les inflorescències ( $p = 0,045$ ). Al estudiar tota l'àrea d'estudi, les diferències segueixen existint, tant pels plecs amb inflorescència estadi B ( $p = 0,016$ ) com per totes les inflorescències ( $p = 0,025$ ).

Observant aquestes diferències, s'ha procedit a la realització del t-test per veure si també eren presents en les variables climàtiques anuals.

	Espiga	No espiga
T mit.	*	*
T mín.	*	*
T màx.	ns	*
T mín. fred	*	*
T màx. càlid	ns	ns
Precip.	ns	ns
Ic	*	*
It	*	*
Q	ns	ns

**Taula 4. Significança del t-test comparant les poblacions primerenques i tardanes, agrupades en funció de si presenten o no espiga de capítols, per a les variables climàtiques anuals.** S'han comparat la temperatura mitjana anual (T mit.), la temperatura mínima anual (T mín.), la temperatura màxima anual (T màx.), la temperatura mínima del mes més fred (T mín. fred), la temperatura màxima del mes més càlid (T màx. càlid), la precipitació anual (Precip.), l'índex de continentalitat (Ic), l'índex tèrmic (It) i l'índex Emberger (Q) per a les poblacions amb inflorescència estadi B i espiga de capítols (n=20) o sense espiga de capítols (n=18). En l'anàlisi no s'han tingut en compte les dades del maig i el juny. Els \* representen diferències significatives amb un p\_valor < 0,05, mentre que (ns) representa diferències no significatives. Font: Elaboració pròpia.

Pels plecs que presenten espiga de capítols s'han trobat temperatures mitjana anual, mínima anual i mínima del mes més fred més altes per a les poblacions primerenques. També un índex tèrmic major, però un índex de continentalitat menor respecte les tardanes. Pels plecs que no presenten espiga de capítols, s'obtenen els mateixos resultats però les diferències en la temperatura màxima anual també esdevenen significatives, essent majors en les poblacions primerenques (Taula 4). Els resultats són els mateixos si enlloc de considerar només els plecs amb inflorescència estadi B, es consideren totes les inflorescències.



## **6. DISCUSSIÓ**





## 6. DISCUSSIÓ

Els mapes de distribució de l'espècie a l'arc Mediterrani mostren l'existència de dos grups de poblacions, els de floració primerenca i els de floració tardana, tal i com estudis previs ja havien suggerit per diferents àrees de Catalunya (Estiarte *et al.*, 2011). Geogràficament es poden distingir clarament els dos grups de poblacions, essent les primerenques les que es localitzen a les zones litorals, mentre que les de floració tardana ho fan a zones més interiors. No obstant, es poden trobar individus que floreixen en el període de floració de les tardanes però es distribueixen a localitats properes a la costa. Als llocs càlids és més freqüent trobar un retardament enlloc d'un avançament de la floració, tenint en compte que abans de donar-se la floració s'ha d'haver produït el creixement dels borrons. Així, un avançament de la floració requeriria d'un avançament d'aquest creixement, cosa que no ha de succeir en el cas d'un retardament.

Una decisió important que s'ha hagut de prendre ha estat el fet d'incloure o excloure els plecs amb floració durant el maig i el juny. Després de múltiples anàlisis s'ha decidit que la millor opció era descartar-los pels motius que es discuteixen a continuació. Estudis previs han vist que a Catalunya la transició floral de *G. alypum* ja s'ha donat al juliol (Estiarte *et al.*, 2011). No obstant, no es té constància del moment exacte en què aquesta té lloc. Aleshores analitzant els mapes de distribució de l'espècie s'ha vist que al juny, la tendència és que els plecs dels quals es disposa de dades es localitzin a zones properes a la costa, cosa que fa pensar que aquests podrien ser de floració primerenca. Per altra banda, en el cas del maig la situació és més complexa. S'ha vist que dos plecs es situen a la costa però dos a les zones interiors. En aquest cas, podria ser que el maig fos el mes que marca la frontera entre els individus de floració primerenca i tardana. Per evitar possibles errors, s'ha acabat decidint que, a falta d'estudis que posin de manifest el moment exacte en el qual es dona la transició floral dels meristems, la millor opció és no considerar aquests mesos. També pel reduït nombre de dades que es té.

Aquestes diferències en la distribució dels dos grups de poblacions queden constatades en els resultats dels t-tests per a les variables climàtiques mensuals i anuals, i pels respectius índexs climàtics. Comparant aquestes variables entre els dos grups de poblacions s'ha obtingut que les poblacions primerenques es localitzen en àrees on les temperatures (mitjana, mínima, màxima i mínima del mes més fred) són més altes que allà on es troben les poblacions tardanes. Aquest fet s'explica per l'efecte temperador que exerceix la presència del mar. En les zones properes al mar, aquest actua com a regulador tèrmic impeding que les temperatures puguin pujar o baixar molt, essent les oscil·lacions tèrmiques menors. Per contra, en les zones interiors domina la continentalitat, quedant reflectit amb un major valor de l'índex de continentalitat.

Els resultats obtinguts per a les diferents regressions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les variables climàtiques mensuals, suggereixen que les baixes temperatures al llarg de l'any serien el factor regulador de la disjunció existent en la floració. Així, al analitzar conjuntament totes les poblacions (primerenques i tardanes), s'han trobat correlacions negatives amb la temperatura mínima mensual i la temperatura mitjana mensual al llarg de tots els mesos, mentre que en el cas de la temperatura màxima mensual excepte el període entre maig i setembre. De totes maneres, en tots els casos s'observa com tot i trobar diferències estadísticament significatives al llarg de múltiples mesos de l'any, els valors de la  $R^2$  són lleugerament millors en els mesos més freds. Per tant, aquestes correlacions són una mica millors en aquests mesos, fet que reafirma la nostra idea.

Per altra banda, al analitzar individualment les poblacions primerenques o tardanes, es veu com la temperatura és un factor més determinant per a les poblacions tardanes ja que al estudiar sols les poblacions primerenques totes les correlacions desapareixen. En les poblacions tardanes es segueix trobant correlacions negatives amb les temperatures (mínima mensual, màxima mensual i mitjana mensual) excepte alguns mesos, essent novament les correlacions més bones en els períodes més freds.

En la mateixa línia van els resultats obtinguts per a les regressions amb les variables climàtiques anuals. Presenten les mateixes correlacions negatives que al estudiar les variables climàtiques a nivell mensual, a part d'una altra correlació negativa amb la temperatura mínima del mes més fred. En certa manera, aquests resultats són bastant lògics, ja que s'ha de tenir en compte que les poblacions tardanes a l'hivern encara es troben en forma de borró, per la qual cosa les baixes temperatures podrien ser importants per al desenvolupament d'aquests. En aquest sentit, es ben conegut que l'activitat biològica disminueix quan hi ha temperatures més fredes, essent aquesta un important factor condicionant. En els llocs freds la floració no es pot avançar perquè els borrons encara no han crescut.

En resum, s'ha obtingut que les poblacions primerenques es localitzen en zones costaneres on les temperatures són més càlides, produint-se la floració abans de l'arribada dels mesos freds, mentre que les poblacions tardanes es localitzen en àrees amb baixes temperatures en els mesos freds, produint-se majoritàriament la floració després d'aquest període hivernal. Així, en les poblacions tardanes com més baixes són les temperatures, és a dir, com més fred fa, més tarden els individus a florir, mentre que les zones on es troben temperatures més suaus és allà on primer té lloc la floració. Aquest fet ens explicaria perquè a mesura que avancen els mesos des de la transició floral, cada cop es troben individus cap a zones més interiors (com semblava que succeïa en les poblacions tardanes).

En les diferents gràfiques de les correlacions exposades en els resultats, s'observa de forma molt clara aquest efecte determinant que té la temperatura en les poblacions

tardanes. Les correlacions negatives per a les temperatures (màxima, mínima, mitjana i mínima del mes més fred) anuals superen amb escreix el valor de 0,7 per a la  $R^2$ . Relacionat amb aquests dos patrons de distribució, l'índex de continentalitat, l'índex tèrmic i l'índex Emberger també es correlacionen molt bé en les poblacions tardanes.

Establerta la temperatura com a factor determinant per a la floració de les poblacions tardanes, amb els nostres resultats no es pot afirmar res sobre el factor clau per a les poblacions primerenques. No obstant, estudis previs duts a terme al Garraf sota condicions experimentals controlades, suggereixen que un factor ambiental que pot ser determinant per a les poblacions de floració primerenca és la precipitació (Prieto *et al.*, 2008). En una població del Garraf la primera precipitació que torna a humitejar el sòl després o durant la sequera d'estiu és l'estímul que engega el procés de la floració. Superar un determinat llindar de precipitació es suggereix que podria ser més determinant que no pas el total de precipitació acumulada (Prieto *et al.*, 2008). A part d'això, igual com succeeix amb altres espècies, al Garraf s'ha identificat que *G. alypum* pot presentar patrons de floració unimodals o bimodals, és a dir, floreixen un o dos cops, essent presumiblement la quantitat de precipitació entre finals de primavera i l'estiu un factor determinant, ja que és el període en el qual té lloc el desenvolupament floral dels borrons (Prieto *et al.*, 2008).

Fins al moment, es desconeix si les diferències de floració entre aquests dos grups de poblacions són degudes a adaptacions genètiques, o bé, reflecteixen la plasticitat fenotípica en front a les condicions climàtiques de les diferents zones geogràfiques on creixen (Estiarte *et al.*, 2011). En el cas que les diferències fossin conseqüència de la plasticitat fenotípica, aquestes es podrien explicar per un avançament del cicle reproductiu donant lloc a un avançament de la transició floral dels meristems, o bé, per un desenvolupament més ràpid dels borrons en les plantes primerenques. Aquest desenvolupament més ràpid es podria veure afavorit per les condicions climàtiques de les zones costaneres, amb temperatures màximes més baixes disminuint l'estrès a suportar, i per les temperatures mínimes més elevades, la qual cosa permetria un major creixement dels borrons durant la nit (Estiarte *et al.*, 2011). Per altra banda, en el cas que les diferències fossin conseqüència d'adaptacions genètiques al clima local, podria donar-se la situació que els individus de floració tardana requerissin un període d'exposició al fred previ a la floració, el qual no seria necessari en les poblacions primerenques (Estiarte *et al.*, 2011). Per exemple, en el gènere *Arabidopsis* s'ha vist que la floració tardana es dona perquè hi ha una sèrie d'al·lels dominants que reprimeixen la floració, essent necessari un període de fred per tal que aquesta es pugui iniciar (Horvath *et al.*, 2003). De la mateixa forma, els borrons de determinades espècies de plantes requereixen d'un període de fred per sortir de l'estat de dormició i ser capaços de créixer (Horvath *et al.*, 2003).

Passant a discutir els resultats obtinguts en el cas dels braquiblasts, s'ha trobat que no existeixen diferències entre la presència de braquiblasts, en funció de si les poblacions són primerenques o tardanes. Per aquest motiu, no es pot justificar que la presència de braquiblasts, ja siguin tipus S o bé tipus CB, vingui determinada per alguna de les característiques ambientals que condicionaven els diferents períodes de floració.

Per altra banda, en el cas dels plecs que presenten espiga de capítols sí que s'han trobat alguns resultats estadísticament significatius. Concretament, s'han observat diferències en la presència d'espiga de capítols en funció de si els plecs pertanyen a poblacions primerenques o tardanes, essent més freqüents en les poblacions primerenques. D'aquesta forma, hi ha una major tendència a trobar plecs que presenten espiga de capítols a localitats properes a la costa. No obstant, es desconeix els motius pels quals això succeeix.

El raonament que explicaria per quin motiu alguns individus presenten braquiblast o espiga de capítols i uns altres no, sembla bastant complex. Fins al moment, no es coneix quins són els motius pels quals això pot succeir. Els individus de *G. alypum* presenten dominància apical, aleshores ha d'existir algun mecanisme per la qual aquesta desapareix. Estudis fets fins al moment han suggerit l'existència de diferents mecanismes que inhibeixen els meristems axil·lars. En aquesta inhibició hi estarien implicades hormones però també gens (Horvath *et al.*, 2003). Aleshores sembla lògic pensar que, per alguna raó que actualment no es pot concretar, existeix algun altre mecanisme que impossibilita que aquesta inhibició sigui efectiva, possibilitant el desenvolupament dels braquiblasts i les inflorescències que conformaran l'espiga. Sens dubte, aquest és un camp al qual s'haurà de destinar esforços si es vol esbrinar quins són els factors implicats.

Degut al canvi climàtic es preveu un augment de les temperatures i una reducció de les precipitacions per a la regió Mediterrània (IPCC, 2007). Aquest fet fa que sigui creïble que hi hagi alteracions en els ecosistemes on *G. alypum* creix, així com, en els seus patrons fenològics. S'ha vist que el creixement i la floració durant la tardor d'aquestes plantes mediterrànies estan molt controlats i regulats per factors ambientals (Prieto *et al.*, 2008).

Si les prediccions respecte al canvi climàtic es compleixen, un escalfament podria comportar un avançament de la floració de les poblacions tardanes. En el cas que les diferències entre les poblacions de floració primerenca i les de floració tardana fossin fenotípiques, els individus de les poblacions tardanes que floreixen aviat podrien passar al grup de poblacions primerenques, com a conseqüència de l'avançament del període de floració. Aquest canvi podria tenir importants implicacions en el funcionament dels ecosistemes on creixen.

En certa manera, la planta podria resultar beneficiada d'aquest avançament de la floració reduint el risc que els borrons i les inflorescències experimentin danys causats per les gelades o la depredació, ja que se'n reduirien els períodes d'exposició. En aquest sentit, s'ha de destacar que les poblacions de floració primerenca ja eviten els danys potencials que puguin causar les gelades, ja que el seu cicle reproductiu finalitza abans de l'arribada del fred. No obstant, no és així en el cas de les poblacions tardanes. Si les poblacions tardanes esdevinguessin primerenques a causa de l'avançament de la floració podrien evitar les gelades, encara que actualment no es tenen dades sobre els efectes reals d'aquestes gelades en els borrons i inflorescències (Estiarte *et al.*, 2011).

L'avançament del període de floració també podria beneficiar la germinació de les llavors de les poblacions tardanes, reduint així, la mortalitat de les noves plàntules a causa de la sequera estival. A les poblacions primerenques la germinació es dona a la primavera amb l'arribada de les pluges, però en el cas de les tardanes això és més difícil que succeeixi, sobretot en les que més tard floreixen. En aquestes augmenta la probabilitat que no estiguin preparades per germinar quan les pluges primaverals arriben (Estiarte *et al.*, 2011).

No obstant, les repercussions negatives també poden ser molt importants. Els pol·linitzadors juguen un paper molt important en el cicle reproductiu de les espècies. L'avançament del període de floració podria causar impactes en les dinàmiques i composició dels ecosistemes, com per exemple les desincronitzacions entre plantes i pol·linitzadors (Peñuelas *et al.*, 2002), amb canvis en la disponibilitat d'aliment per aquests.

Aquests són els motius que justifiquen els estudis que s'estan desenvolupant en aquest àmbit, amb la finalitat de millorar el coneixement sobre els factors ambientals que controlen els diferents estats fenològics, i així, intentar prevenir millor els futurs efectes del canvi climàtic.



## **7. CONCLUSIONS**





## 7. CONCLUSIONS

Un cop finalitzat aquest projecte és moment d'exposar les principals conclusions:

- En primer lloc, els mapes de distribució de l'espècie *G. alypum* han permès visualitzar de forma clara, com els dos grups de poblacions suggerits en estudis a escala local, també són vàlids a escala regional. El primer grup es caracteritza per presentar individus amb una floració primerenca (entre juliol i desembre) i localitzar-se a zones properes a la costa, mentre que el segon, per presentar individus amb una floració tardana (entre gener i abril) i ocupar zones més continentals.
- Les anàlisis estadístiques han permès posar de manifest que la climatologia de les àrees on *G. alypum* creix és variada, en funció de si les poblacions són primerenques o tardanes. Les poblacions primerenques viuen en zones on les temperatures (mínima, màxima, mitjana i mínima del mes més fred) són altes, per l'efecte regulador que exerceix el mar. Per contra, en les zones interiors domina la continentalitat amb majors oscil·lacions tèrmiques.
- Els resultats suggereixen que les poblacions tardanes estan regulades per les temperatures, essent el fred un factor determinant. A major fred, més tarden les poblacions a florir i tendeixen a ocupar zones més interiors. No obstant, els resultats obtinguts no permeten determinar quin és el factor que regula les poblacions primerenques. En altres estudis, duts a terme al Garraf, es va suggerir que aquest factor estimulador era la precipitació, ja que aquesta torna a humitejar el sòl després o durant la sequera de l'estiu. En aquest estudi, no s'han trobat correlacions al respecte que permetin corroborar-ho.
- L'estudi de la presència de braquiblast ha posat de manifest que no existeixen diferències entre les poblacions primerenques i tardanes. Aquests resultats, no permeten concretar els motius pels quals uns individus presenten braquiblasts en canvi d'altres no.
- De forma similar, en el cas de les espigues de capítols també es desconeix quin pot ser el mecanisme que possibiliti la formació de les inflorescències en les axil·les de les fulles. No obstant, en aquest cas sí que s'han trobat diferències entre la presència d'espiga de capítols en funció de si les poblacions són primerenques o tardanes. S'ha trobat una major freqüència en els plecs de poblacions primerenques, és a dir, a zones properes a la costa.
- El canvi climàtic, amb la predicció d'un augment de les temperatures acompanyat per una disminució de les precipitacions (IPCC, 2007) pot comportar una sèrie d'efectes a la fenologia de la *G. alypum*, però també als

ecosistemes on creix. Entre ells, es pot donar un avançament de la floració de les poblacions tardanes, menor probabilitat de danys en els borrons com a conseqüència de les gelades o depredació, així com, desincronitzacions entre plantes i pol·linitzadors.

A continuació, es presenten un sèrie d'àmbits que queden oberts de cara al futur, amb la possibilitat de millorar els estudis duts fins al moment i conèixer amb més detalls els aspectes que encara es desconeixen sobre la *G. alypum*.

Un dels principals problemes que s'ha hagut de fer front en aquest projecte ha estat la desconexió del moment exacte en el qual es dona la transició floral. Aquest fet ha comportat la no consideració del maig i juny en l'anàlisi de les dades. En estudis previs realitzats a Catalunya s'ha vist que els individus ja l'han feta al juliol (Estiarte *et al.*, 2011), però no es coneix el moment exacte en el qual aquesta es dona. Aleshores, s'hi es desenvolupés un estudi específic amb l'objectiu de determinar el moment exacte (cosa que requeriria un important treball de camp) es podria acabar incloent aquests mesos actualment exclosos.

Per altra banda, aquest estudi no ha permès corroborar si a nivell regional també és la precipitació l'estímul determinant per a les poblacions de floració primerenca, tal i com s'ha suggerit en estudis a escala local, com al Garraf. A més, queda obert el fet de determinar quins són els factors que permeten l'aparició de braquiblasts i espigues de capítols en uns individus però en d'altres no. Realitzar estudis en aquests àmbits permetria millorar el coneixement sobre els factors determinants.

També queda pendent com s'han de tractar els plecs del nord d'Àfrica (Marroc, Algèria, Líbia i Tunísia) dels qual es disposa de dades però s'han descartat. Utilitzar aquestes dades, malgrat la dificultat que podria suposar georeferenciar els seus plecs, permetria ampliar l'àrea d'estudi i obtenir informació addicional que podria resultar de gran interès. En aquest mateix sentit, utilitzar dades de més herbaris de la península Ibèrica i França suposaria augmentar la representació del territori, ja que en aquest estudi hi ha àrees que no queden del tot ben representades (sobretot àrees continentals i del sud de la península).

Finalment, encara es desconeix si les diferències entre els dos grups de poblacions responen a una adaptació genètica, o bé a una plasticitat fenotípica relacionada amb la climatologia de cada zona. En aquest cas, també es podrien dur a terme estudis per esbrinar-ho.

## **8. CRONOGRAMA**



## 8. CRONOGRAMA

		2012														
		Febrer		Març			Abril			Maig			Juny		Juliol	
Proposta de projecte	Contacte per e-mail amb el CREAF	■														
	Reunió amb tutor per concretar projecte		■													
Recerca bibliogràfica	Articles de caire científic		■		■			■	■		■					
	Informació variada per a la redacció			■	■	■		■	■	■						
Organització de les dades dels herbaris i tractament de la informació	Entrada dades dels herbaris			■	■	■	■									
	Georeferenciació dels individus			■	■	■										
	Anàlisi dades climàtiques						■	■								
	Transformació de les coordenades					■										
	Elaboració mapes distribució							■	■	■	■	■				
	Anàlisi conjunt de totes les dades							■	■	■	■					
Anàlisi estadístic de les dades	Correlacions								■	■	■					
	t-test i tests de la $\chi^2$									■	■					
	Elaboració gràfiques									■	■					
Tutories	Reunions amb el professor tutor			■	■	■	■		■	■	■	■			■	
Redacció del projecte	Introducció, àrea d'estudi, objectius								■	■	■	■				
	Metodologia								■	■	■					
	Resultats, discussió, conclusions, etc.									■	■			■	■	
Entrega	Entrega de la memòria														■	
Presentació	Presentació oral del projecte															■

Figura 31. Cronograma de les tasques desenvolupades al llarg del projecte. Font: Elaboració pròpia.



## **9. PRESSUPOST**





## 9. PRESSUPOST

<b>DESPESES DIRECTES</b>			
<b>Recursos humans*</b>			
<b>Concepte</b>			<b>Subtotal (hores)</b>
Recerca documental			40 hores
Anàlisi de les dades			155 hores
Redacció del projecte			200 hores
Reunions amb el tutor del projecte			25 hores
Total (hores)			420 hores
Subtotal (cost de 10 €/hora)			4200 €
Assessorament per part del tutor del projecte			
Total (hores)			50 hores
Subtotal (cost de 30 €/hora)			1500 €
<b>Concepte</b>			<b>Subtotal (€)</b>
Obtenció de les dades per part del CREAM (inclou el transport als herbaris, dietes, allotjament i salaris de la tècnica)			1650 €
<b>TOTAL RECURSOS HUMANS</b>			<b>7350 €</b>
<b>Recursos materials</b>			
<b>Concepte</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu/unitat (€)</b>	<b>Subtotal (€)</b>
Impressió treball	3	20 €	60 €
Còpies de CD's	4	0,4 €	1,6 €
Enquadernació	3	1,5 €	4,5 €
<b>TOTAL RECURSOS MATERIALS</b>			<b>66,1 €</b>
<b>DESPESES DIRECTES TOTALS</b>			<b>7416,1 €</b>
<b>DESPESES INDIRECTES</b>			
Instal·lacions i equipaments			<b>Total (€)</b>
20% de les despeses directes			1483,2 €
Total despeses directes			7416,1 €
Total despeses indirectes			1483,2 €
Pressupost base			8899,3 €
IVA (18%)			1601,9 €
<b>PRESSUPOST TOTAL</b>			<b>10501,2 €</b>

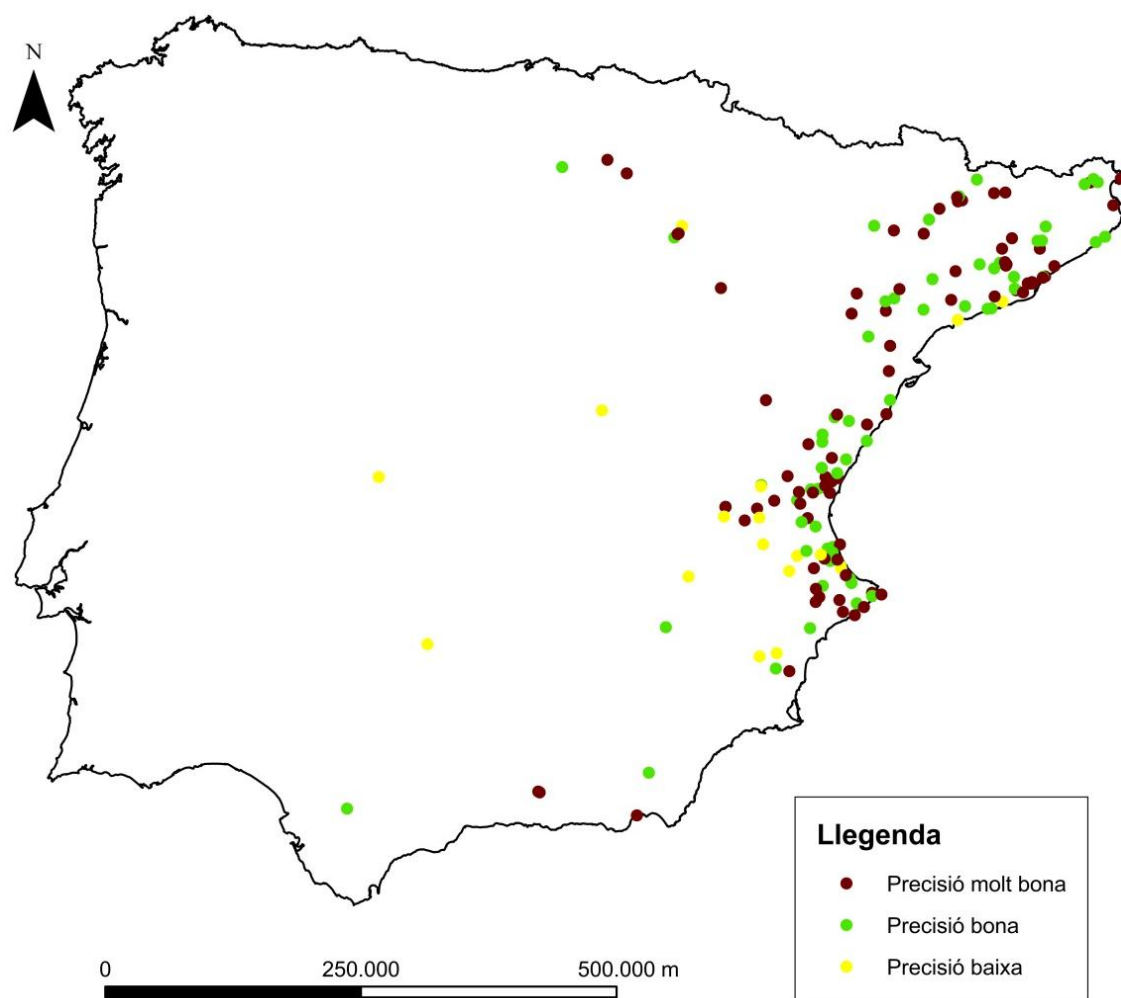
**Figura 32. Pressupost del projecte.** (\*) No s'ha considerat el cost del transport fins a la Universitat Autònoma de Barcelona, ja que aquest es realitza a peu. Font: Elaboració pròpia.



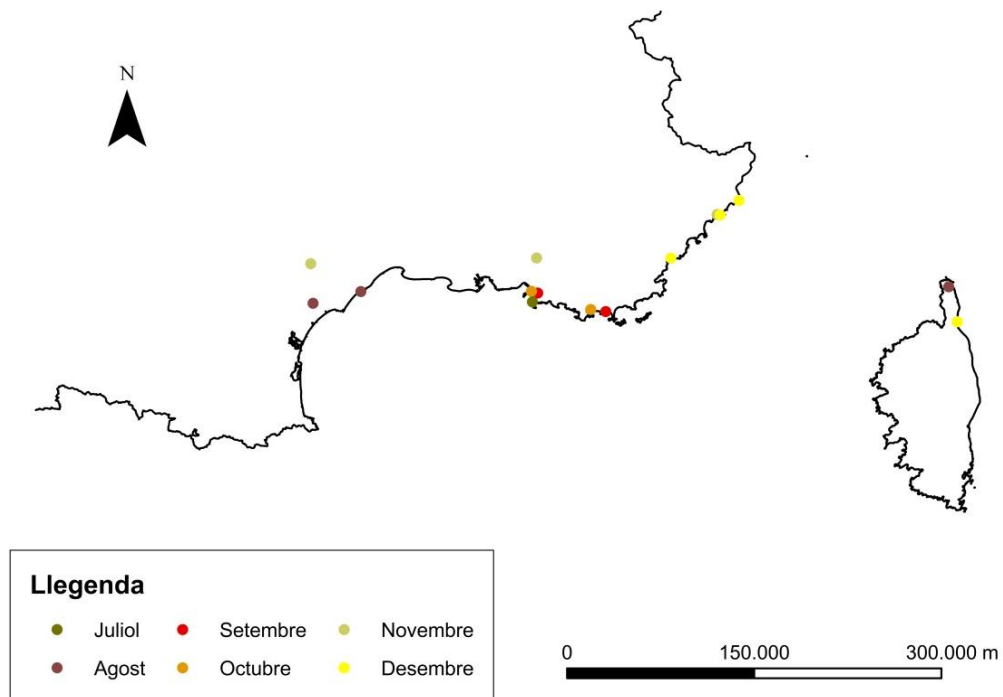
## **10. ANNEXOS**



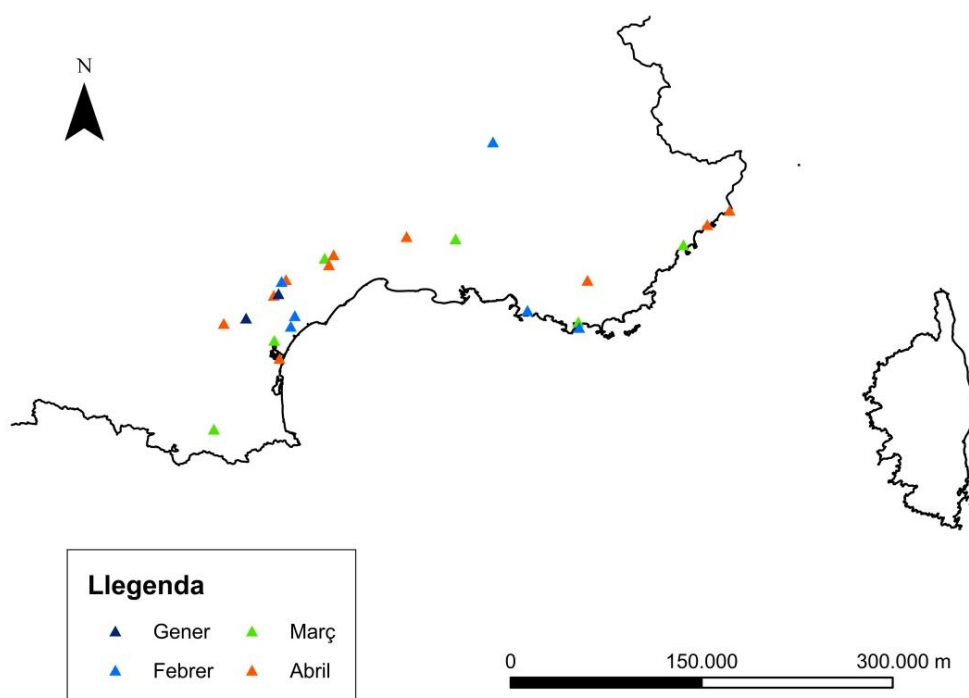
## 10. ANNEXOS



**Figura 33. Distribució de tots els plecs de *G. alypum* georeferenciats per a la península Ibèrica classificats segons la seva precisió.** S'entén per precisió molt bona a una precisió  $\leq 2.500$  metres; precisió bona a una precisió entre 2.500 i 7.500 metres; i, precisió baixa, a una precisió  $> 7.500$  metres. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.



**Figura 34. Distribució a França dels plecs de *G. alypum* per a les poblacions primerenques en funció del seu mes de floració.** Hi ha representats els plecs que presenten una inflorescència estadi B, FB o BM. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.



**Figura 35. Distribució a França dels plecs de *G. alypum* per a les poblacions tardanes en funció del seu mes de floració.** Hi ha representats els plecs que presenten una inflorescència estadi B, FB o BM. Sistema de referència UTM fus 30 hemisferi nord Datum ED50 (paràmetres MADTRAN Espanya/Portugal). Font: Elaboració pròpia.

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
<b>a. Totes les poblacions</b>												
T mín.	0,259	0,231	0,238	0,226	0,216	0,181	0,169	0,18	0,217	0,25	0,273	0,279
T màx.	0,217	0,178	0,101	0,074	ns	ns	ns	ns	ns	0,104	0,176	0,243
T mit.	0,264	0,223	0,194	0,166	0,131	0,083	0,053	0,077	0,13	0,193	0,254	0,278
T màx. – T mín.	ns	ns	ns	ns	0,069	0,105	0,112	0,112	0,103	0,061	ns	ns
Precip.	0,085	0,064	ns	ns	0,063	0,091	0,047	ns	ns	0,164	ns	0,062
<b>b. Poblacions primerenques</b>												
T mín.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T màx.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T mit.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T màx. – T mín.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Precip.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>c. Poblacions tardanes</b>												
T mín.	0,139	0,115	0,104	0,102	0,093	0,073	ns	0,074	0,095	0,105	0,136	0,13
T màx.	0,163	0,136	0,081	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,087	0,133	0,172
T mit.	0,163	0,143	0,116	0,096	0,073	ns	ns	ns	0,084	0,113	0,16	0,163
T màx. – T mín.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Precip.	ns	ns	ns	ns	0,068	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**Taula 5. Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques mensuals amb els valors de R<sup>2</sup>.** Entre elles hi ha les mitjanes mensuals de la temperatura mínima (T mín.), temperatura màxima (T màx.), temperatura mitjana (T mit.), la precipitació (Precip.) i els intervals tèrmics (T màx. – T mín.) per (a) totes les poblacions (n=87), (b) poblacions primerenques (n=26) o (c) per a les poblacions tardanes (n=61), dels plecs amb inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus), sense considerar el maig i el juny. En la taula s'expressa els valors de la R<sup>2</sup> i (ns) indica que no existeix correlació. Font: Elaboració pròpia.

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
<b>a. Totes les poblacions</b>												
T mín.	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
T màx.	< 0,0001	< 0,0001	0,0027	0,0108	0,0620	0,4503	0,9535	0,5592	0,1143	0,0023	< 0,0001	< 0,0001
T mit.	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0006	0,0066	0,0322	0,0090	0,0006	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
T màx. – T mín.	0,9357	0,6857	0,1015	0,0515	0,0141	0,0022	0,0015	0,0016	0,0025	0,0212	0,2561	0,7603
Precip.	0,0061	0,0182	0,3376	0,7401	0,0187	0,0044	0,0443	0,1682	0,5178	< 0,0001	0,0617	0,0201
<b>b. Poblacions primerenques</b>												
T mín.	0,5386	0,6512	0,7318	0,7846	0,8264	0,8789	0,8373	0,8543	0,7571	0,7451	0,6176	0,7004
T màx.	0,9213	0,7026	0,5026	0,3994	0,4011	0,3651	0,3596	0,5310	0,6589	0,6761	0,7896	0,9058
T mit.	0,7627	0,9100	0,9229	0,7827	0,7545	0,6706	0,6821	0,8773	0,9353	0,9597	0,6816	0,8360
T màx. – T mín.	0,2005	0,1356	0,1322	0,0845	0,1284	0,1535	0,2228	0,3417	0,3097	0,2338	0,2091	0,3579
Precip.	0,7345	0,7435	0,7851	0,4920	0,9733	0,9963	0,9651	0,7501	0,4469	0,1784	0,5502	0,4402
<b>c. Poblacions tardanes</b>												
T mín.	0,0030	0,0074	0,0112	0,0122	0,0167	0,0350	0,0633	0,0338	0,0154	0,0109	0,0035	0,0042
T màx.	0,0013	0,0035	0,0261	0,0639	0,1369	0,3175	0,5454	0,3265	0,1131	0,0212	0,0039	0,0009
T mit.	0,0013	0,0026	0,0073	0,0154	0,0357	0,0826	0,1577	0,0761	0,0233	0,0079	0,0014	0,0012
T màx. – T mín.	0,1936	0,3593	0,8576	0,9318	0,6652	0,4608	0,4131	0,4259	0,5118	0,9462	0,5617	0,0865
Precip.	0,5011	0,2892	0,6531	0,4791	0,0421	0,1136	0,0928	0,2178	0,8072	0,0674	0,5885	0,5458

**Taula 6. Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques mensuals amb els valors del p\_valor.** Entre elles hi ha les mitjanes mensuals de la temperatura mínima (T mín.), temperatura màxima (T màx.), temperatura mitjana (T mit.), la precipitació (Precip.) i els intervals tèrmics (T màx. – T mín.) per (a) totes les poblacions (n=87), (b) poblacions primerenques (n=26) o (c) per a les poblacions tardanes (n=61), dels plecs amb inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus), sense considerar el maig i el juny. En la taula s'expressen els p\_valors. Font: Elaboració pròpia.

	Totes les poblacions	Poblacions primerenques	Poblacions tardanes
T mit.	0,176	ns	0,104
T mín.	0,228	ns	0,085
T màx.	0,091	ns	0,086
T mín. fred	0,259	ns	0,139
T màx. càlid	ns	ns	ns
Precip.	ns	ns	ns
Ic	0,166	ns	ns
It	0,137	ns	0,089
Q	ns	ns	ns

**Taula 7. Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals amb els valors de R<sup>2</sup>.** Entre elles hi ha la temperatura mitjana anual (T mit.), la temperatura mínima anual (T mín.), la temperatura màxima anual (T màx.), la temperatura mínima del mes més fred (T mín. fred), la temperatura màxima del mes més càlid (T màx. càlid), la precipitació anual (Precip.), l'índex de continentalitat (Ic), l'índex tèrmic (It) i l'índex Emberger (Q), per totes les poblacions (n=87), les poblacions primerenques (n=26) i les poblacions tardanes (n=61), dels plecs amb inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus). S'ha exclòs de l'anàlisi el maig i el juny. En la taula s'expressa els valors de la R<sup>2</sup> i (ns) indica que no existeix correlació. Font: Elaboració pròpia.

	Totes les poblacions	Poblacions primerenques	Poblacions tardanes
T mit.	< 0,0001	0,8269	0,0112
T mín.	< 0,0001	0,9503	0,0230
T màx.	0,0044	0,6056	0,0215
T mín. fred	< 0,0001	0,5386	0,0030
T màx. càlid	0,8753	0,4455	0,4911
Precip.	0,4799	0,4612	0,8198
Ic	< 0,0001	0,1128	0,1483
It	0,0004	0,9205	0,0192
Q	0,7441	0,8468	0,4763

**Taula 8. Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals amb els valors del p\_valor.** Entre elles hi ha la temperatura mitjana anual (T mit.), la temperatura mínima anual (T mín.), la temperatura màxima anual (T màx.), la temperatura mínima del mes més fred (T mín. fred), la temperatura màxima del mes més càlid (T màx. càlid), la precipitació anual (Precip.), l'índex de continentalitat (Ic), l'índex tèrmic (It) i l'índex Emberger (Q), per totes les poblacions (n=87), les poblacions primerenques (n=26) i les poblacions tardanes (n=61), dels plecs amb inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus). S'ha exclòs de l'anàlisi el maig i el juny. En la taula s'expressen els p\_valors. Font: Elaboració pròpia.



	Totes les poblacions	Poblacions primerenques	Poblacions tardanes
T mit.	-	ns	ns
T mín.	-	ns	ns
T màx.	-	ns	ns
T mín. fred	-	ns	ns
T màx. càlid	ns	ns	ns
Precip.	ns	ns	ns
Ic	+	-	ns
It	-	ns	ns
Q	ns	ns	ns

**Taula 9. Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals augmentant la mostra de plecs utilitzats.** Entre elles hi ha la temperatura mitjana anual (T mit.), la temperatura mínima anual (T mín.), la temperatura màxima anual (T màx.), la temperatura mínima del mes més fred (T mín. fred), la temperatura màxima del mes més càlid (T màx. càlid), la precipitació anual (Precip.), l'índex de continentalitat (Ic), l'índex tèrmic (It) i l'índex Emberger (Q), per totes les poblacions (n=168), les poblacions primerenques (n=59) i les poblacions tardanes (n=109), dels plecs amb inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus), FB (algunes inflorescències obertes però amb els pètals no desplegats i d'altres blaves), BM (algunes inflorescències blaves i d'altres marrons) i BG (algunes inflorescències blaves i d'altres grises). Els signes negatius (-) indiquen una correlació negativa significativa, els (+) una correlació positiva significativa i (ns) que no existeix correlació. Font: Elaboració pròpia.

	Totes les poblacions	Poblacions primerenques	Poblacions tardanes
T mit.	< 0,0001	0,7973	0,4614
T mín.	< 0,0001	0,7007	0,5303
T màx.	0,0048	0,9272	0,4649
T mín. fred	< 0,0001	0,2263	0,4141
T màx. càlid	0,7214	0,3886	0,8070
Precip.	0,2080	0,9904	0,6779
Ic	< 0,0001	0,0459	0,3998
It	0,0001	0,7787	0,6149
Q	0,3655	0,6552	0,9409

**Taula 10. Correlacions entre el nombre de mesos des de la transició floral i les dades climàtiques anuals augmentant la mostra de plecs utilitzats i amb els valors del p\_valor.** Entre elles hi ha la temperatura mitjana anual (T mit.), la temperatura mínima anual (T mín.), la temperatura màxima anual (T màx.), la temperatura mínima del mes més fred (T mín. fred), la temperatura màxima del mes més càlid (T màx. càlid), la precipitació anual (Precip.), l'índex de continentalitat (Ic), l'índex tèrmic (It) i l'índex Emberger (Q), per totes les poblacions (n=168), les poblacions primerenques (n=59) i les poblacions tardanes (n=109), dels plecs amb inflorescència estadi B (oberta i amb els pètals blaus), FB (algunes inflorescències obertes però amb els pètals no desplegats i d'altres blaves), BM (algunes inflorescències blaves i d'altres marrons) i BG (algunes inflorescències blaves i d'altres grises). En la taula s'expressen els p\_valors. Font: Elaboració pròpia.

	Inflorescència B	p_valor	Inflorescència FBMG	p_valor
T mit.	*	0,0004	*	< 0,0001
T mín.	*	< 0,0001	*	< 0,0001
T màx.	*	0,0285	*	0,0011
T mín. fred	*	< 0,0001	*	< 0,0001
T màx. càlid	ns	0,7599	ns	0,9085
Precip.	ns	0,5486	ns	0,2909
Ic	*	< 0,0001	*	< 0,0001
It	*	0,0018	*	< 0,0001
Q	ns	0,5828	ns	0,4036

**Taula 11. Significança del t-test comparant les poblacions primerenques i tardanes segons l'estadi d'inflorescència a nivell anual.** S'ha comparat la temperatura mitjana anual (T mit.), la temperatura mínima anual (T mín.), la temperatura màxima anual (T màx.), la temperatura mínima del mes més fred (T mín. fred), la temperatura màxima del mes més càlid (T màx. càlid), la precipitació anual (Precip.), l'índex de continentalitat (Ic), l'índex tèrmic (It) i l'índex Emberger (Q) per als individus amb inflorescència B i els que també presenten inflorescència estadi FB, BM i BG. En l'anàlisi no s'han tingut en compte les dades del maig i el juny. Els \* representen diferències significatives amb un p\_valor < 0,05, mentre que (ns) representa diferències no significatives. Font: Elaboració pròpia.

	Espiga	No espiga
T mit.	0,0366	< 0,0001
T mín.	0,0039	< 0,0001
T màx.	0,2998	0,0101
T mín. fred	0,0019	< 0,0001
T màx. càlid	0,8087	0,7940
Precip.	0,7118	0,4040
Ic	0,0284	< 0,0001
It	0,0250	0,0004
Q	0,9205	0,4166

**Taula 12. Significança del t-test comparant les poblacions primerenques i tardanes, agrupades en funció de si presenten o no espiga de capítols, per a les variables climàtiques anuals amb els valors del p\_valor.** S'han comparat la temperatura mitjana anual (T mit.), la temperatura mínima anual (T mín.), la temperatura màxima anual (T màx.), la temperatura mínima del mes més fred (T mín. fred), la temperatura màxima del mes més càlid (T màx. càlid), la precipitació anual (Precip.), l'índex de continentalitat (Ic), l'índex tèrmic (It) i l'índex Emberger (Q) per a les poblacions amb inflorescència estadi B i espiga (n=20) o sense espiga (n=18). En l'anàlisi no s'han tingut en compte les dades del maig i el juny. En la taula s'expressen els p\_valors. Font: Elaboració pròpia.

# **11. BIBLIOGRAFIA**



# 11. BIBLIOGRAFIA

- BERENDSOHN, W.G.; ANAGNOSTOPOULUS, A.; HAGEDORN, G. [et al] (1999). "A comprehensive reference model for biological collections and surveys". *Taxon*, 48, p. 511-562.
- BORCHERT, R. (1994). "Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees". *Ecology*, 75, p. 1437-1449.
- CARNICER, J.; COLL, M.; NINYEROLA, M. [et al] (2011). "Widespread crown condition decline, amplified tree mortality and large-scale food web disruption with increased climate-change-type drought". *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 108, p. 1474-1478.
- CASTELLS, E.; ROUMET, C.; ROY, J.; PEÑUELAS, J. (2002). "Intraspecific variability of phenolic concentrations and their responses to elevated CO<sub>2</sub> in two Mediterranean perennial grasses". *Environmental Experimental Botany*, 47, p. 205-216.
- CASTRO-DÍEZ, P.; MONTSERRAT-MARTÍ, G. (1998). "Phenological pattern of fifteen Mediterranean phanerophytes from *Quercus ilex* communities of NE-Spain". *Plant Ecology*, 139, p. 103-112.
- CHUINE, I. (2010). "Why does phenology drive species distribution?". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, p. 3149-3160.
- DE BOLÒS, O.; VIGO, J. (1995). *Història Natural dels Països Catalans*. Barcelona: Editorial Barcino.
- DEMERS, M.N. (2000). *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova York: John Wiley & Sons.
- ESTIARTE, M.; PUIG, G.; PEÑUELAS, J. (2011). "Large delay in flowering in continental versus coastal populations of a Mediterranean shrub, *Globularia alypum*". *Int. J. Biometeorol*, 55, p. 855-865.
- GORDO, O.; SANZ, J. J. (2009). "Long-term temporal changes of plant phenology in the Western Mediterranean". *Global Change Biology*, 15, p. 1930-1948.
- GROSSMAN, D. (2004). "Pérdida de sincronía en los ecosistemas". *Investigación y Ciencia*, 330, p. 68-76.
- GUTIÉRREZ, J.; GOULD, M. (2000). *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Editorial Síntesis.
- HORVATH, D.P.; ANDERSON, J.V.; CHAO, W.S. [et al.] (2003). "Knowing when to grow: signals regulating bud dormancy". *TRENDS in Plant Science*, 11, p. 534-540.
- HUGHES, L. (2000). "Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?". *TREE*, 15, p. 56-61.

- 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.; Qin, D.; Manning, M.; *et al.*, (eds)]. Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press.
- JUMP, A.; MÁTYÁS, C.; PEÑUELAS, J. (2009). "The altitude-for-latitude disparity in the range retractions of woody species". *Trends in Ecology and Evolution*, 24, p. 694-701.
- KIRSCHBAUM, M.U.F. (2000). "Forest growth and species distribution in a changing climate". *Tree Physiology*, 20, p. 309-322.
- KÖRNER, C. (2006). "Plant CO<sub>2</sub> responses: an issue of definition, time and resource supply". *New Phytologist*, 172, p. 393-411.
- KRAMER, K.; LEINONEN, I.; LOUSTAU, D. (2000). "The importance of phenology for the evaluation of impact of the climate change on growth of boreal, temperate and mediterranean forests ecosystems: an overview". *International Journal of Biometeorology*, 44, p. 67-75.
- LE HOUÉROU, H. N. (1996). "Climate change, drought and desertification". *Journal of Arid Environments*, 34, p. 133-185.
- LLISTOSELLA, J.; SANCHEZ-CUXART, A. (2008). *Herbari: Mates, herbes i falgueres*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- LLORENS, L.; PEÑUELAS, J. (2005). "Experimental evidence of future drier and warmer conditions affecting flowering of two co-occurring Mediterranean shrubs". *International Journal of Plant Sciences*, 166, p. 235-245.
- LLORENS, L.; PEÑUELAS, J.; ESTIARTE, M. [*et al*] (2004). "Contrasting growth changes in two dominant species of a Mediterranean shrubland submitted to experimental drought and warming". *Annals of Botany*, 94, p. 843-853.
- LLORENS, L.; PEÑUELAS, J.; FILELLA, I. (2003). "Diurnal and seasonal variations in the photosynthetic performance and water relations of two co-occurring Mediterranean shrubs, *Erica multiflora* and *Globularia alypum*". *Physiol Plant*, 118, p. 84-95.
- LLORET, F.; SOLÉ, A.; VAYREDA, J. [*et al*] (2009). *Atles de plantes llenyoses dels boscos de Catalunya*. Barcelona: Lynx.
- LLOYD, A.H.; FASTIE C.L. (2002). "Spatial and temporal variability in the growth and climate response of treeline trees in Alaska". *Climate Change*, 52, p. 481-509.
- LÓPEZ-CLARAMUNT, B.; SABATÉ, S.; RUIZ, I. [*et al.*] (1997). "Effects of elevated CO<sub>2</sub> and decreased water availability on holm oak seedling in controlled environment chambers". A: Mohren, G. M. J.; Kramer K.; Sabaté, S. *Impacts of Global Change on Tree Physiology and Forest Ecosystems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 125-133.
- LUZÓN, J.L.; MATEU, J.; BOTER, R. (1997). *Geografia d'Europa*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.

- MAYOR, X.; RODÀ, F. (1994). "Effects of irrigation and fertilization on stem diameter growth in a Mediterranean holm oak". *Forest Ecology and Management*, 68, p.119-126.
- MENZEL, A.; SPARKS, T. H.; ESTRELLA, N. [et al] (2006). "European phenological response to climate change matches the warming pattern". *Global Change Biology*, 12, p. 1969-1976.
- MITRAKIS, K.A. (1980). "A theory for Mediterranean plant life". *Acta Oecologica*, 1, p. 245-252.
- MONTSERRAT MARTI, G.; PALACIO, S.; MILLA, R. (2004). "Fenología y características funcionales de las plantas leñosas mediterráneas" a Valladares, F. (ed) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S.A., Madrid, p. 129-162.
- MOONEY, H.A.; DUNN, E.L. (1970). "Convergent evolution of Mediterranean-climate evergreen sclerophyll shrubs". *Evolution*, 24, p. 292-303.
- NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M. (2005). *Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- OGAYA, R.; PEÑUELAS, J. (2007). "Tree growth, mortality, and above-ground biomass accumulation in a holm oak forest under a five-year experimental field drought". *Plant Ecology*, 189, p. 291-299.
- OGAYA, R.; PEÑUELAS, J.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; MANGIRÓN, M. (2003). "Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain". *Forest Ecology and Management*, 180, p. 175-184.
- ORSHAN, G. (1989). *Plant phenol-morphological studies in Mediterranean type ecosystems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- PALLARÈS, M.; TULLA, A.F.; ALBET, A. [et al] (2001). *Geografía regional*. Barcelona: Edicions de la Universitat Oberta de Catalunya.
- PARMESAN, C.; RYRHOLM, N.; STEFANESCU, C. [et al] (1999). "Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming". *Nature*, 399, p. 579-583.
- PARMESAN, C.; YOHE, G. (2003). "A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems". *Nature*, 421, p. 37-42.
- PEÑUELAS, J.; BIEL, C.; ESTIARTE, M. (1995). "Growth, biomass allocation, and phenology of peppers plant submitted to elevated CO<sub>2</sub> and different nitrogen and water availabilities". *Photosynthetica*, 31 (1), p. 91-99.
- PEÑUELAS, J.; BOADA, M. (2003). "A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain)". *Global Change Biology*, 9, p. 131-140.
- PEÑUELAS, J.; FILELLA, I. (2001). "Responses to a warming world". *Science*, 294, p. 793-794.

- PEÑUELAS, J.; FILELLA, I.; COMAS, P. (2002). "Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region". *Global Change Biology*, 8, p. 531-544.
- PEÑUELAS, J.; FILELLA, I.; TOGNETTI, R. (2001). "Leaf mineral concentration of *Erica arborea*, *Juniperus communis*, and *Myrtus communis* growing in the proximity of a natural CO<sub>2</sub> spring". *Global Change Biology*, 7, p. 291-301.
- PEÑUELAS, J.; GRACIA, C.; FILELLA, I. [et al.] (2010a). "Introducing the climate change effects on Mediterranean forest ecosystems: observation, experimentation, simulation, and management". *Association Forêt Méditerranéenne*, 4, p. 357-362.
- PEÑUELAS, J.; OGAYA, R.; BOADA, M. [et al.] (2007). "Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia". *Ecography*, 30, p. 830-838.
- PEÑUELAS, J.; OGAYA, R.; CANADELL, J. (2010b). "Metanalisi CO<sub>2</sub> fertilization effect". *Global Ecology and Biogeography*.
- PIÑOL, J.; TERRADAS, J.; LLORET, F. (1998). "Climate warming, wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain". *Climatic Change*, 38, p. 345-357.
- PONS, X. (1996). "Els sistemes d'informació geogràfica: la nova carta". *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 64, p. 37-52.
- PRIETO, P.; PEÑUELAS, J.; LLORET, F. [et al.] (2009). "Experimental drought and warming decrease diversity and slow down post-fire succession in a Mediterranean shrubland". *Ecography*, 32, p. 623-636.
- PRIETO, P.; PEÑUELAS, J.; OGAYA, R. [et al.] (2008). "Precipitation-dependent flowering of *Globularia alypum* and *Erica multiflora* in Mediterranean shrubland under experimental drought and warming, and its inter-annual variability". *Annals of Botany*, 102, p. 275-285.
- QUEREDA, J. (2005). *Curso de climatología general*. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; SÁNCHEZ-MATA, D.; COSTA, M. (1999). "North American boreal and western temperate forest vegetation". *Itinera Geobot.*, 12, p. 5-316.
- ROSENZWEIG, C.; KAROLY, D.; VICARELLI, M. [et al.] (2008). "Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change". *Nature*, 435, p. 353-357.
- SCHWARTZ, M. D. (2003). *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- TORNEL, J. (2011). "Anàlisi del desenvolupament floral d'un arbust mediterrani, la *Globularia alypum*, en poblacions costaneres i continentals". Projecte de fi de carrera. UAB.
- URIBE, F.; GARCIA, E.; MARCER, A. (2004). *Georeferenciació dels registres de la base de dades de col·leccions: una experiència amb mostres zoològiques*. Institut de cultura: museu de ciències naturals. Ajuntament de Barcelona.



VAN SCHAİK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. (1993). "The phenology of tropical forests: Adaptive significance and consequences for primary consumers". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24, p. 353-377.

VIGO, J. (2005). *Les comunitats vegetals. Descripció i classificació*. Barcelona: Publicacions i edicions Universitat de Barcelona.

WALTHER, G.R.; POST, E.; CONVEY, P. [et al.] (2002). "Ecological responses to recent climate change". *Nature*, 426, p. 389-395.

WANG, J.; IVES, N.E.; LECHOWICH, M.J. (1992). "The relation of foliar phenology to xylem embolism in trees". *Functional Ecology*, 6, p. 469-475.

YUSTE, J. C.; PEÑUELAS, J.; ESTIARTE, M. [et al] (2011). "Drought-resistant fungi control soil organic matter decomposition and its response to temperature". *Global Change Biology*, 17, p. 1475-1486.

#### Altres recursos electrònics consultats

Banc de dades de Biodiversitat de Catalunya. [en línia; consulta: abril 2012]. Disponible a: <<http://biodiver.bio.ub.es/biocat/>>.

Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal (CeDocBiV). [en línia; consulta: abril 2012]. Disponible a: <http://www.bib.ub.edu/cedocbiv/>

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). [en línia; consulta: març 2012]. Disponible a: <[www.creaf.uab.es](http://www.creaf.uab.es)>.

Herbari Botànic de la Universitat de València. [en línia; consulta: abril 2012]. Disponible a <<http://www.jardibotanic.org/colhervari.php>>

Herbari Jardí Botànic de Barcelona. [en línia; consulta: abril 2012]. Disponible a: <[www.jardibotanic.bcn.es/](http://www.jardibotanic.bcn.es/)>

Herbari virtual del Mediterrani occidental. [en línia; consulta: abril 2012]. Disponible a: <http://herbarivirtual.uib.es/cat-med/index.html>

Herbier de l'Université Montpellier II (MPU). [en línia; consulta: abril 2012]. Disponible a: <[herbier-mpu.org/papyrus.php](http://herbier-mpu.org/papyrus.php)>

Information grandeur nature. [en línia; consulta: març 2012]. Disponible a: <<http://www.ign.fr/>>

Institut cartogràfic de Catalunya. [en línia; consulta: març 2012]. Disponible a: <<http://www.icc.cat/>>.

Natura Digital. [en línia; consulta: abril 2012]. Disponible a: <http://biodiver.bio.ub.es/naturdigit/#http://biodiver.bio.ub.es/naturdigit/servlet/naturdigit.DescripcioServlet?codi=002212>

PROCTOR, E.J.; BLUM, S.D.; CHAPLIN, G. (2001). A software tool for retrospectively georeferencing specimen localities using ArcView. Disponible a: <[www.calacademy.org/research/infomatics/georef/Main\\_Pages/2\\_Background.html](http://www.calacademy.org/research/infomatics/georef/Main_Pages/2_Background.html)>

Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas. [en línea; consulta: març 2012]. Disponible a: <<http://sigpac.mapa.es/feqa/visor/>>.

SITIBSA. [en línea; consulta: març 2012]. Disponible a: <<http://www.sitibsa.com/>>.

WIECZOREK, J. (2002). The Mammal Networked Information System. Georeferencing Guidelines. Disponible a: <<http://dlp.cs.berkeley.edu/manis/GeorefGuide.html>>.