



TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DE LA GERMINACIÓN
DE LAS SEMILLAS DE FLORA
REPRESENTATIVA DE LITORAL
DE GALICIA**

Miguel Ángel Domínguez Martínez

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR

LUGO
2014









TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DE LA
GERMINACIÓN DE LAS
SEMILLAS DE FLORA
REPRESENTATIVA DE
LITORAL DE GALICIA**

Firmado.....

Miguel Ángel Domínguez Martínez

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR

LUGO
2014





Universidad de Santiago de Compostela
Escuela Politécnica Superior de Lugo
Departamento de Botánica

Dña. ELVIRA A. DÍAZ VIZCAÍNO, Profesora Titular de Universidad y Dña. TERESA CORNIDE PAZ Profesora Titular de Escuela Universitaria, del Departamento de Botánica de la Universidad de Santiago de Compostela.

Como Directoras de la Tesis Doctoral titulada “**Estudio de la germinación de las semillas de flora representativa de litoral de Galicia**”.

Presentada por D. Miguel Ángel Domínguez Martínez, alumno del Programa de Doctorado “Organismos y Sistemas”.

Autorizan la presentación de la tesis indicada, considerando que reúne los requisitos exigidos en el artículo 34 del reglamento de Estudios de Doctorado, y que como Directoras de la misma no incurrir en las causas de abstención establecidas en la ley 30/1992.

En Lugo a 1 de septiembre de 2014

Fdo.: Elvira A. Díaz Vizcaíno

Fdo.: Teresa Cornide Paz



Agradecimientos

Quiero agradecer esta tesis a sus directoras: la Dra. Elvira Díaz Vizcaíno y la Dra. Teresa Cornide Paz. Merecen mi más sincero reconocimiento porque han ideado gran parte de los aspectos desarrollados en esta tesis, estando permanentemente implicadas en la dirección y realización de la misma. Quiero agradecer especialmente a la Dra. Elvira Díaz Vizcaíno, sin ella, nada de esto hubiera sido posible; su persistencia y exigencia me ha hecho mejorar día a día, tanto en el trabajo de campo, como en el desarrollo de experimentos y elaboración de la tesis. Por todo ello y por vuestra paciencia, gracias de todo corazón.

También quería agradecer al personal de la facultad, especialmente al profesor J. M. Colmenero por su asesoramiento en el tratamiento estadístico de los datos, y también a Lucía Torres, por su ayuda en el departamento.

Quiero agradecer muy especialmente a Yolanda, que a lo largo de la elaboración de este trabajo siempre ha estado a mi lado alentándome. Por el apoyo, sacrificios y paciencia, muchas gracias Yolanda. A mis padres: Miguel y Mari y a mi tía Paqui que siempre me apoyaron y alentaron en los estudios; a mis hermanos: Alberto y Rubén por su ayuda y amistad; y, por supuesto, a mi fuente de energía: Adri, muchas gracias a todos por aguantarme estos años.





RESUMEN

La flora litoral desempeña una función capital en el mantenimiento de los sistemas costeros, uno de los ecosistemas más sensibles y vulnerables de nuestro territorio con diferentes tipos de hábitats de interés para conservación y/o prioritarios según la Directiva Hábitats europea; bien representados en Galicia (NW España). Se ha analizado la germinación de veintisiete especies características de hábitats de litoral atlántico, con el objetivo de contribuir al conocimiento de su funcionamiento, como base para su conservación. Se ha estudiado el efecto de la luz, variabilidad interanual, almacenamiento, salinidad y técnicas de incremento de la germinación, así como emergencia de plántulas en su propio medio natural. Los resultados muestran la ausencia de una única estrategia específica germinativa predominante puesto que tanto la inhibición total de la germinación en presencia de luz, como la inhibición parcial o la ausencia de la misma, así como una estrategia no preventiva de la germinación están representadas; y lo mismo ocurre con la variabilidad interanual y con el almacenamiento a corto plazo. De la combinación del efecto y la duración de la estratificación en frío y de las giberelinas resultó que la dormición fisiológica, especialmente la no profunda, está bien representada en la flora de litoral atlántico analizada, en casi la mitad de las especies estudiadas. Se han caracterizado los tipos de baja tolerancia a la salinidad, representado en la mitad de las especies estudiadas, tolerancia intermedia, con una sola especie y tolerancia elevada con casi la otra mitad. Además, el nivel de emergencia de plántulas de la mayoría de las especies es muy bajo o bajo, similar entre los dos niveles de profundidad analizados y se han verificado patrones generales de emergencia de plántulas en relación con la profundidad.

PALABRAS CLAVE

Semillas, germinación, dormición, salinidad, giberelinas, estratificación fría, escarificación, plántulas.

RESUMO

A flora litoral desempeña unha función capital no mantemento dos sistemas costeiros, un dos ecosistemas máis sensibles e vulnerables do noso territorio con diferentes tipos de hábitats de interese para a conservación e / ou de prioridade segundo a Directiva Hábitats europea; ben representada en Galicia (NW España). Analizouse a xerminación de vinte especies características de hábitats de litoral atlántico, co obxectivo de contribuír ao coñecemento do seu funcionamento, como base para a súa conservación. Estudouse o efecto da luz, a variabilidade interanual, o almacenamento, a salinidade e técnicas de incremento da xerminación, así como emerxencia de plántulas no seu propio ambiente natural. Os resultados mostran a ausencia dunha única estratexia específica xerminativa predominante xa que tanto a inhibición total de xerminación en presenza de luz, como inhibición parcial, ou ausencia da mesma, e unha estratexia non preventiva da xerminación están representadas; e o mesmo acontece coa variabilidade interanual e co almacenamento a curto prazo. Da combinación do efecto e duración da estratificación en frío e giberelinas resultou que a dormición fisiolóxica, especialmente a non profunda, está ben representada na flora do litoral atlántico en analizada, en case a metade das especies estudadas. Caracterizáronse os tipos de baixa tolerancia á salinidade, representado pola metade das especies estudadas, tolerancia intermedia, cunha única especie e tolerancia elevada con case a outra metade. Ademais, o nivel de emerxencia das plántulas da maioría das especies é moi baixa ou baixa, similar entre os dous niveis de profundidade analizados e verificáronse patróns xerais de emerxencia de plántulas en relación coa profundidade.

PALABRAS CHAVE

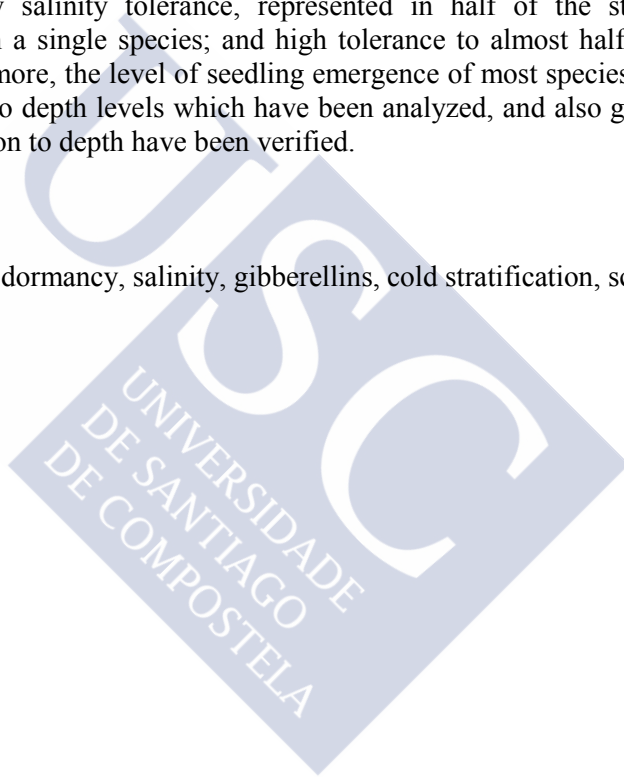
Sementes, xerminación, dormición, salinidade, giberelinas, estratificación fría, escarificación, plántulas.

SUMMARY

The coastal plant plays a major role in the maintenance of coastal systems, one of the most sensitive and vulnerable ecosystems of our territory with different types of habitats of interest for conservation and / or priority according to the European Habitats Directive; well represented in Galicia (NW Spain). The germination of twenty seven species which are characteristic of the Atlantic coast habitats has been analyzed, with the aim of contributing to the knowledge about its operation as a basis for their conservation. The effect of light, interannual variability, storage, salinity and techniques to promoting seed germination, have been studied, as well as seedling emergence in their own natural environment. The results show the absence of a single specific strategy germination predominant since both total inhibition of germination in the presence of light and partial inhibition or absence of the same, as well as a non preventive strategy germination are represented; and the same happens with the interannual variability and the short-term storage. The combination of the effect and duration of cold stratification and gibberellins resulted that physiological dormancy, non-deep in particular, is well represented in most of the coastal plant species analyzed in almost half of the species studied. The types of low salinity tolerance, represented in half of the studied species; intermediate tolerance, with a single species; and high tolerance to almost half of them, have been characterized. Furthermore, the level of seedling emergence of most species is very low or low, similar between the two depth levels which have been analyzed, and also general seedling emergence patterns in relation to depth have been verified.

KEYWORDS

Seeds, germination, dormancy, salinity, gibberellins, cold stratification, scarification, seedlings.





ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS GENERALES	15
1. CAPÍTULO I. Germinación de flora de litoral.	
Efecto de la luz, variación interanual y almacenamiento a corto plazo	19
1.1. INTRODUCCIÓN	21
1.2. MATERIAL Y MÉTODOS	23
1.2.1. <i>Selección de especies</i>	23
1.2.2. <i>Recogida de semillas</i>	23
1.2.3. <i>Procesamiento y almacenamiento</i>	23
1.2.4. <i>Desinfección y siembra</i>	28
1.2.5. <i>Viabilidad de las semillas</i>	29
1.2.6. <i>Germinación en luz/oscuridad</i>	29
1.2.7. <i>Variabilidad interanual de la germinación</i>	30
1.2.8. <i>Variabilidad de la germinación con el almacenamiento</i>	30
1.2.9. <i>Análisis estadístico</i>	30
1.3. RESULTADOS	33
1.3.1. <i>Dinámica de germinación</i>	33
1.4. DISCUSIÓN	44
1.4.1. <i>Síntesis inicial de germinación</i>	44
1.4.2. <i>Germinación en luz/oscuridad</i>	49
1.4.3. <i>Nivel de germinación y dormición</i>	51
1.4.4. <i>Germinación con el almacenamiento a corto plazo</i>	53
1.4.5. <i>Ritmo de germinación</i>	54
1.4.6. <i>Conclusiones</i>	55
1.5. BIBLIOGRAFÍA	57
2. CAPÍTULO II. Efecto de la estratificación fría, giberelinas y escarificación en la germinación de flora de litoral	65
2.1. INTRODUCCIÓN	67
2.1.1. <i>Tipos de dormición</i>	67
2.1.2. <i>Tratamientos para romper la dormición</i>	69

2.2. MATERIAL Y MÉTODOS	73
2.2.1. <i>Selección de especies, recogida y procesamiento de semillas</i>	73
2.2.2. <i>Realización tratamientos</i>	73
2.2.3. <i>Ensayo de germinación</i>	77
2.2.4. <i>Análisis estadístico</i>	78
2.3. RESULTADOS	80
2.3.1. <i>Dinámica de germinación</i>	80
2.3.2. <i>Síntesis de tratamientos</i>	98
2.4. DISCUSIÓN	101
2.4.1. <i>Efecto de los tratamientos</i>	101
2.4.2. <i>Síntesis dormición</i>	112
2.4.3. <i>Conclusiones</i>	114
2.5. BIBLIOGRAFÍA	115
3. CAPÍTULO III. Efecto de la salinidad en la germinación de flora de litoral	125
3.1. INTRODUCCIÓN	127
3.2. MATERIAL Y MÉTODOS	129
3.2.1. <i>Selección de especies, recogida y procesamiento de semillas</i>	129
3.2.2. <i>Realización tratamientos</i>	129
3.2.3. <i>Análisis estadístico</i>	131
3.3. RESULTADOS	133
3.3.1. <i>Dinámica de germinación</i>	133
3.4. DISCUSIÓN	146
3.4.1. <i>Dinámica de la germinación en salinidad</i>	146
3.4.2. <i>Dinámica de las semillas recuperadas</i>	146
3.4.3. <i>Selección de especies, recogida y procesamiento de semillas</i>	148
3.4.4. <i>Clasificación de los tipos de respuesta ante la salinidad</i>	149
3.4.5. <i>Conclusiones</i>	153
3.5. BIBLIOGRAFÍA	154

4. CAPÍTULO IV. Emergencia de plántulas de flora de litoral en campo	159
4.1. INTRODUCCIÓN	161
4.2. MATERIAL Y MÉTODOS	162
4.2.1. <i>Selección de especies, recogida y procesamiento de semillas</i>	162
4.2.2. <i>Realización tratamientos</i>	162
4.2.3. <i>Análisis estadístico</i>	166
4.3. RESULTADOS	168
4.3.1. <i>Dinámica de emergencia</i>	168
4.3.2. <i>Índice de tolerancia y correlación lineal</i>	175
4.4. DISCUSIÓN	178
4.4.1. <i>Nivel de emergencia</i>	178
4.4.2. <i>Efecto de la profundidad</i>	179
4.4.3. <i>Ritmo de emergencia</i>	181
4.4.4. <i>Potencialidad en restauración mediante siembra</i>	184
4.4.5. <i>Conclusiones</i>	185
4.5. BIBLIOGRAFÍA	187
SÍNTESIS Y CONCLUSIONES GENERALES	191
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	199
ANEXO ESTADÍSTICO	



MADE
IAGO
MPOSTELA

INTRODUCCIÓN GENERAL



En el paisaje de Galicia se distinguen cuatro clases (litoral cántabro-atlántico, valles sublitorales cántabro-atlánticos, sierras, llanuras y valles interiores), cada una de las cuales representa unidades geográficas con características propias estructurales y funcionales. Entre ellas, la zona litoral representa un amplio y estrecho espacio en el que interactúan los medios terrestre y marino, presentando ecosistemas propios y singulares (Ramil *et al.*, 2011). Esta variedad de características abióticas (geografía, geología, geomorfología), bióticas (componentes de la biodiversidad, estructura y dinámica de la biocenosis, funciones ecológicas) y antrópicas, queda reflejada en su variedad de hábitats.

La Directiva Hábitats europea 92/43/CEE de 21 de mayo de 1992 (DOUE N° 206, de 22 de julio de 1992) establece en su Anexo I distintos tipos de hábitats naturales de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación. Dicha normativa incluye diferentes grupos de hábitats presentes en Galicia (Tabla 1).

Entre todos ellos, el medio litoral posee una enorme importancia ecológica, presentando varios de los ecosistemas más sensibles y vulnerables de nuestro territorio, por lo que están presentes en dicha Directiva como hábitats de interés comunitario los Hábitats costeros y vegetación halofítica de la zona supralitoral, intermareal e infralitoral y las Dunas marítimas y continentales, entre otros.

Grupos de Hábitats del Anexo I del DC 92/43/CEE presentes en Galicia
1. Hábitats costeros y vegetaciones halofíticas
11. Aguas marinas y medios de marea
12. Acantilados marítimos y playas de guijarros
13. Marismas y pastizales salinos atlánticos y continentales
14. Marismas y pastizales salinos mediterráneos y termoatlánticos
2. Dunas marítimas y continentales
21. Dunas marítimas de las costas atlánticas, del mar del Norte y del Báltico
22. Dunas marítimas de las costas mediterráneas
3. Hábitats de agua dulce
31. Aguas estancadas
32. Aguas corrientes
4. Brezales y matorrales de la zona templada
5. Matorrales esclerófilos
51. Matorrales submediterráneos y de zona templada
52. Matorrales arborescentes mediterráneos

Tabla 1. Grupos de hábitats naturales del Anexo I presentes en Galicia. Fuente: DC 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992.

6. Formaciones herbosas naturales y seminaturales
61. Prados naturales
62. Formaciones herbosas secas seminaturales y facies de matorral
64. Prados húmedos seminaturales de hierbas altas
65. Prados mesófilos
7. Turberas altas, turberas bajas (fens y mires) y áreas pantanosas
71. Turberas ácidas de esfagnos
72. Áreas pantanosas calcáreas
8. Hábitats rocosos y cuevas
81. Desprendimientos rocosos
82. Pendientes rocosas con vegetación casmofítica
83. Otros hábitats rocosos
9. Bosques
91. Bosques de la Europa templada
92. Bosques mediterráneos caducifolios
93. Bosques esclerófilos mediterráneos
95. Bosques de coníferas de montañas mediterráneas y macaronésicas

Tabla 1. (Continuación) Grupos de hábitats naturales del Anexo I presentes en Galicia. Fuente: DC 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992.

Galicia presenta diferentes tipos de hábitats de interés para conservación y/o prioritarios del grupo de hábitats costeros y de dunas marítimas y continentales según la citada Directiva 92/43/CEE; algunos de ellos bien representados (Tabla 2.)

Hábitats costeros y dunas del Anexo I del DC 92/43/CEE presentes en Galicia
1. HÁBITATS COSTEROS Y VEGETACIONES HALOFÍTICAS
11. Aguas marinas y medios de marea
1110. Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda
1130. Estuarios
1140. Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja
1150. Lagunas costeras *
1160. Grandes calas y bahías poco profundas
1170. Arrecifes
12. Acantilados marítimos y playas de guijarros
1210. Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados
1220. Vegetación perenne de bancos de guijarros
1230. Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas
13. Marismas y pastizales salinos atlánticos y continentales
1310. Vegetación anual pionera con <i>Salicornia</i> y otras especies de zonas fangosas o arenosas
1320. Pastizales de <i>Spartina</i> (<i>Spartinion maritimi</i>)
1330. Pastizales salinos atlánticos (<i>Glauco-Puccinellietalia maritimae</i>)
14. Marismas y pastizales salinos mediterráneos y termoatlánticos
1420. Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (<i>Sarcocornetea fruticosae</i>)
2. DUNAS MARÍTIMAS Y CONTINENTALES
21. Dunas marítimas de las costas atlánticas, del mar del Norte y del Báltico
2110. Dunas móviles embrionarias
2120. Dunas móviles de litoral con <i>Ammophila arenaria</i> (dunas blancas)
2130. Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises) *
2150. Dunas fijas descalcificadas atlánticas (<i>Calluno-Ulicetea</i>) *
2190. Depresiones intradunares húmedas
22. Dunas marítimas de las costas mediterráneas
2230. Dunas con céspedes del <i>Malcomietalia</i>
2260. Dunas con vegetación esclerófila del <i>Cisto-Lavanduletalia</i>

Tabla 2. Tipos de hábitats costeros y vegetaciones halofíticas y dunas del Anexo I de la DC 92/43/CEE presentes en Galicia. El símbolo (*) indica los tipos de hábitats prioritarios. Los tipos de hábitats con especies objeto de estudio son representados por áreas sombreadas. Fuente: Ramil *et al.*, 2011.

Los hábitats costeros y vegetación halofítica comprenden una sucesión de medios de gran diversidad y complejidad ambiental entre el ecosistema marino y terrestre. El límite interno de la zona litoral terrestre que corresponde al espacio costero posee una dinámica compleja, muy influenciada por el mar, donde el intercambio de materia y energía se produce de manera muy intensa. Dentro del grupo de hábitats costeros y vegetación halofítica, el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE establece seis subgrupos de los que los cuatro primeros están bien representados en Galicia. Entre ellos, nuestro estudio incluye vegetación de acantilados de las costas atlánticas (Figura 1), donde es característica la Alianza *Crithmo-Armerion maritimae* y donde las asociaciones *Armerio miscellae-Festucetum littoralis* y *Crithmo maritimi-Armerietum pubigeriae* están bien representadas (Izco *et al.*, 1993; Ramil *et al.*, 2011).



Figura 1. Costa Rocosa. Punta de Couso (A Coruña)

El citado Anexo I establece también las Dunas marítimas y continentales como grupo de hábitats de interés comunitario, del que en Galicia están presentes las dunas marítimas atlánticas y mediterráneas. Las dunas marítimas están formadas por la acumulación de los materiales arenosos y biogénicos arrastrados por las corrientes marinas hasta la línea de costa, donde el menor oleaje favorece su sedimentación y acumulación, dando lugar a las playas de arena. Paralelamente, la acción modeladora y de transporte del viento (predominantemente del oeste en la costa gallega) los distribuye en dirección al continente, conformando el sistema dunar que se sitúa por detrás de la playa. El sistema dunar de la costa gallega puede dividirse en tres secciones que siguen una línea perpendicular a la costa (duna embrionaria, primaria y secundaria). La duna embrionaria está en contacto directo con la playa y por tanto más

expuesta a los vientos y a la influencia marina, donde encontramos flora muy especializada como *Cakile maritima*, *Atriplex prostrata*, *Elymus farctus*, *Euphorbia peplis*, *Honkenya peploides*, *Medicago marina* u *Othanthus maritimus*. Por detrás se formaría la duna primaria, colonizada por gramíneas rizomatosas (*Elymus farctus*, *Ammophila arenaria*) que fijarían el substrato. Posteriormente se encontraría la duna secundaria o duna gris, se trata de duna fija con vegetación principalmente herbácea, en una zona caracterizada por una mayor estabilidad del substrato y disminución de la salinidad, lo cual facilita el establecimiento de un mayor número de especies y el incremento del contenido en materia orgánica del suelo adquiriendo una coloración gris característica que da nombre a este tipo de dunas (Figura 2). Algunas especies características de dunas grises son *Iberis procumbens*, *Armeria pungens*, *Artemisia crithmifolia*, *Scrophularia frutescens*, *Helichrysum picardii*, *Corema album*, *Crucianella maritima*, *Eryngium maritimum*, *Leontodon taraxacoides*, *Linaria caesia* subsp. *decumbens*, *Medicago marina*, *Othanthus maritimus*, *Pancratium maritium* o *Silene littorea* (Ramil et al., 2011).

La presencia de la flora litoral es importante en el mantenimiento y evolución de los sistemas dunares y de un complejo ecosistema del que depende una numerosa fauna. Además, el enterramiento e implantación de la flora adaptada a este medio estabiliza el edificio dunar al frenar la velocidad del viento y al retener la arena, por lo que contribuye a su constitución y preservación.



Figura 2. Población de *Euphorbia paralias* en dunas grises. Duna de Touro-Aguiño (A Coruña)

Como se ha comentado, el medio litoral comprende una estrecha franja de terreno que debido a su proximidad al mar está directamente influenciado por él. Este hecho, hace del litoral un medio muy exclusivo, que exige para su colonización unos mecanismos presentes solamente en algunas especies.

Algunas de las características biológicas de la flora de litoral son el requerimiento de suelos arenosos, halofilia, resistencia a altas temperaturas e insolación, xerofilia, fotofilia y la adaptación a la intensa influencia del viento. Dichas características son un reflejo de la gran cantidad de factores que intervienen en el proceso germinativo y primeros estadios de desarrollo de la flora litoral. Factores ambientales como salinidad, agua, temperatura y luz regulan la inducción y pérdida de la dormición de las semillas (Baskin & Baskin, 2004a; Benech-Arnold *et al.*, 2000), pero también el establecimiento de plántulas (Bu *et al.*, 2008; Tlig *et al.*, 2008; Zheng *et al.*, 2005).

Atendiendo a dichos factores ambientales se pueden diferenciar comunidades vegetales características de cada una de las bandas o cinturones de vegetación (Izco, 1992; Izco *et al.*, 1993; Pulgar, 2004) con una distribución espacial desde la playa hacia el interior, en función de la intensidad de dichos factores limitantes. Así, en la zona supralitoral (franja que limita el medio litoral y el terretre), podemos encontrar el mayor número de fanerógamas adaptadas a la influencia marina. Entre todas ellas, las especies que componen este estudio son representativas de la flora de litoral en Galicia, características de cada una de las bandas de vegetación existentes en el litoral.

La flora de litoral se han adaptado a lo largo de su evolución a soportar condiciones extremas, de ahí que el número de especies adaptadas a estos ambientes pertenecen sobre todo a unas pocas familias con una gran especialización, tales como Quenopodiáceas, Poligonáceas, Cariofiláceas, Crasuláceas, etc. (Sanmartín & Lago, 1998). En este sentido, las especies de litoral experimentan distintas adaptaciones; la más característica es la xerofilia que permite salvar el problema de la escasez de agua con numerosas estrategias como reducir el tamaño de sus hojas, desarrollar escamas o pelos y cutículas más gruesas e impermeables. Otro factor importante en especial en las zonas de playa y duna, es el desarrollo sobre la arena. Las plantas psammófilas, se han adaptado a vivir en la arena, un sustrato de difícil colonización debido a su movilidad (especialmente en duna móvil), escasa capacidad de retención de agua y abrasión producida por el viento.

Entre los factores que más influyen en el desarrollo de la flora de litoral, la luz juega un rol crucial en la germinación de las semillas, pudiendo inhibir o promover la germinación de las mismas (Baskin & Baskin, 1998; Franklin & Whitelam, 2005). La fotoinhibición de la germinación, evita el establecimiento de plántulas a partir de las semillas situadas en la superficie (Thanos *et al.*, 1989, 1991, 1994; Del Vecchio *et al.*, 2012), siendo un mecanismo adaptativo que evita una pronta germinación bajo condiciones adversas. La ausencia de luz como consecuencia del enterramiento de las semillas por la arena también puede inducir su dormición, evitando así su prematura germinación a profundidades que dificultan la emergencia de plántulas (Lee & Ignaciuk, 1985; Zhang & Maun, 1994; Baskin & Baskin, 1998) y favoreciendo así el mantenimiento de un banco de semillas, aspecto que se aborda en el Capítulo I de esta tesis.

En el medio litoral, las altas concentraciones de sal impiden la absorción de agua por la planta, constituyendo uno de los principales factores limitantes de este medio. La salinidad afecta a cada aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo, incluida la germinación. De este modo, la respuesta germinativa en condiciones de estrés salino es determinante para el éxito de muchas poblaciones de plantas características de estos ambientes litorales (Keiffer & Ungar, 1997). Las especies capaces de vivir en este ambiente tan selectivo se denominan halófitas, distinguiéndose por su alta productividad bajo condiciones adversas y por su habilidad para tratar con el estrés salino de forma exitosa (Al Sherif, 2009; Nedjimi, 2009). Estas plantas exhiben una variedad de estrategias como la dormición para hacer frente a las fluctuaciones ambientales y estacionales que las ayudan a establecerse en sus respectivos hábitats (Khan *et al.*, 2001a).

Aunque la mayoría de las halófitas germinan más rápido en un medio no salino o a baja salinidad (Bu *et al.*, 2008; Guan *et al.*, 2009; Khan *et al.*, 2001ab; Wei *et al.*, 2008), es su capacidad para soportar elevada salinidad y permanecer aún viables en el suelo lo que le otorga una importante ventaja ecológica a la hora de colonizar este hábitat tan extremo (Khan & Gul, 2006), de modo que en entornos salinos la germinación de las semillas ocurre durante los períodos lluviosos, es decir, cuando la salinidad disminuye (Elsey-Quirk *et al.*, 2009; Keiffer & Ungar, 1997), facilitando que el desarrollo inicial de plántulas se produzca antes del verano, cuando el estrés salino se incrementa (Ungar, 1996). Por lo que resulta de especial interés conocer cómo influye en la germinación de las semillas de las plantas de litoral atlántico, con precipitaciones más abundantes a lo largo del año, las variaciones en los niveles de salinidad, lo que se estudia en el Capítulo III.

Además, la germinación de flora de hábitats litorales está regulada por otros factores, como las características intrínsecas de las semillas que condicionan su germinación, el tipo de dormición que presentan, así como las fluctuaciones ambientales que influyen en su germinación en determinadas épocas del año (Baskin & Baskin, 1998; Shumway, 2000; Yu *et al.*, 2007; Gilbert *et al.*, 2008). Por todo esto, se hace necesario conocer si dichos factores también influyen en la germinación de flora característica del litoral de Galicia y determinar en cada caso cuáles son los factores determinantes, algunos de los cuales se analizan en los Capítulos II y IV.

La dormición de la semilla es una estrategia adaptativa que permite a las plantas asegurarse de que las semillas germinan en el momento más favorable para asegurar la supervivencia de la próxima generación. Teniendo en cuenta que el que una semilla sea durmiente o no varía con la especie y el individuo, incluso en una misma muestra ante las mismas condiciones podría haber semillas durmientes y otras no durmientes (Baskin & Baskin, 2004a). La dormición primaria es causada por mecanismos internos durante la maduración de la semilla, mientras que la dormición secundaria se da por el estrés ambiental después de su dispersión (Baskin & Baskin, 1998; Narbona *et al.*, 2007).

La mayoría de las especies de litoral, que crecen en playas, acantilados y frentes dunares, pertenecen a familias en las que la dormición fisiológica está bien representada (Baskin & Baskin, 1998; Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006), si bien los estudios sobre su germinación y dormición solo se han realizado en pocos géneros, motivo por el que Baskin & Baskin (1998) indicaban la necesidad de conocer mejor dichas características en este tipo de flora. Dependiendo de la población de la cual se recoja la muestra de semillas

puede variar su nivel de dormición fisiológica (Baskin *et al.*, 2002) y esta variación del nivel de dormición según la población, incluso entre aquellas semillas recogidas de la misma planta madre o a diferente altitud, o entre años en la misma población, supone un aumento de la variabilidad genética poblacional y de la capacidad de las semillas para superar las condiciones ambientales cambiantes y extremas (Andersson & Milberg, 1998), como es el caso de la flora de litoral. Por ello, resulta de interés verificar si dichas especies presentan efectivamente dormición fisiológica, tanto aquellas de las que se dispone de información en este sentido, puesto que son estudiadas en nuevas zonas biogeográficas de su distribución, como en las que no. Además, el tipo de dormición de las semillas guarda relación con su acumulación en un banco de semillas, y su ruptura puede resultar de interés en proyectos de revegetación o restauración en hábitats de litoral atlántico, algunos de ellos de interés para conservación según la Directiva Hábitats europea (Capítulo II).

Finalmente, un importante factor que determina la germinación de las semillas y la composición vegetal del medio litoral es su enterramiento en arena, puesto que los arenales costeros son hábitats muy variables por su sustrato movedizo, de forma recurrente, que facilita dicho enterramiento. La profundidad de enterramiento de la semilla puede determinar en muchos casos la germinación o aparición y supervivencia de las plántulas (Gutterman, 1993; Qu *et al.*, 2008), siendo de destacar que este proceso es la etapa de mayor riesgo en el ciclo de vida de la mayoría de las plantas (Harper, 1977; Leck *et al.*, 2008).

El enterramiento es un mecanismo natural de inhibición la germinación (por ausencia de luz o de temperatura adecuada para la germinación). El nivel de germinación y por tanto de emergencia de plántulas decrece con la profundidad (Maun, 1994; Nandula *et al.*, 2006; Qu *et al.*, 2008), aunque un enterramiento profundo puede ser una ventaja ecológica (Maun, 1994), ya que las semillas que sobreviven y pasan a un estado latente en el banco de semillas del suelo, mantienen el potencial para producir plántulas en un periodo posterior cuando mejoren las condiciones del medio (Zheng *et al.*, 2009). Por tanto, resulta de interés un mayor conocimiento de la respuesta germinativa de la flora de litoral ante la profundidad de enterramiento en su propio medio natural (Capítulo IV).

Bibliografía:

- AL SHERIF, E. A. (2009). *Melilotus indicus* (L.) All., A salt-tolerant wild leguminous herb with high potential for use as a forage crop in salt-affected soils. *Flora*, 204: 737–746.
- ANDERSSON, L. P.; MILBERG, P. (1998). Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. *Seed Science Research*, 8(1): 29–38.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1998). *Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. San Diego.
- BASKIN, C. C.; ZACKRISSON, O.; BASKIN, J. M. (2002). Role of warm stratification in promoting germination of seeds of *Empetrum hermaphroditum* (Empetraceae), a circumboreal species with a stony endocarp. *American Journal of Botany*, 89(3): 486-493.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (2004a). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1): 1–16.
- BENECH-ARNOLD, R. L.; SÁNCHEZ, R. A.; FORCELLA, F.; KRUK, B. C.; GHERSA, C. M. (2000). Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, 67: 105-122.
- BU, H.; DU, G.; CHEN, X.; XU, X.; LIU, K.; WEN, S. (2008). Community-wide germination strategies in an alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet plateau: phylogenetic and life-history correlates. *Plant Ecology*, 195: 87–98.
- DEL VECCHIO, S.; MATTANA, E.; ACOSTA, A.; BACCHETTA, G. (2012). Seed germination responses to varying environmental conditions and provenances in *Crucianella maritima* L., a threatened coastal species. *Comptes Rendus Biologies*, 335(1): 26–31.
- DIRECTIVA 92/43/CEE del Consejo de Europa de 21 de mayo de 1992. Relativa a la conservación de los hábitat naturales y de la flora y fauna silvestres. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 206, 22 de Julio de 1992. pp. 7-50.
- ELSEY-QUIRK, T.; MIDDLETON, B. A.; PROFFIT, C. E. (2009). Seed flotation and germination of salt marsh plants. The effects of stratification, salinity and/or inundation regime. *Aquatic Botany*, 91: 40-46.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. L. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *Tansley Review- New Phytologist*, 171(3): 501-523.
- FRANKLIN, K. A.; WHITELAM, G. C. (2005). Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. *Annals of Botany*. 96: 169–175.
- GILBERT, M.; PAMMENTER, N.; RIPLEY, B. (2008). The growth responses of coastal dune species are determined by nutrient limitation and sand burial. *Oecologia*, 156(1): 169-178.

- GUAN, B.; ZHOU, D.; ZHANG, H.; TIAN, Y.; JAPHET, W.; WANG, P. (2009). Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. *Journal Arid of Environments*, 73(1): 135–138.
- GUTTERMAN, Y. (1993). *Seed Germination in Desert Plants*. Springer-Verlag, Berlin.
- HARPER, J. L. (1977). *Population biology of plants*. Academic Press, New York.
- IZCO, J. (1992). Diversidad y originalidad ecológica y florística del litoral cántabro-atlántico español. *Anales de La Real Academia de Farmacia*, 58(4): 483-508.
- IZCO, J.; GUITIÁN, P.; SÁNCHEZ, J. M. (1993). Análisis y clasificación de las comunidades vegetales vivaces de las dunas vivas gallegas. *Anales Academia Galega de Ciencias*, 12: 79-104.
- IZCO, J.; AMIGO, J.; GARCÍA-SAN LEÓN, D. (2000). Análisis y clasificación de la vegetación de Galicia (España), II. La vegetación herbácea. *Lazaroa*, 21: 25-50.
- KEIFFER, C. W.; UNGAR, I. A. (1997). The effect of extended exposure to hypersaline conditions on the germination of five inland halophyte species. *American Journal of Botany*, 84: 104-111.
- KHAN, M. A.; UNGAR, I. A. (1997). Effects of thermoperiod on recovery of seed germination of halophytes from saline conditions. *American Journal of Botany*, 84: 279-283.
- KHAN, M. A.; GUL, B.; WEBER, D. J. (2001a). Effect of salinity and temperature on the germination of *Kochia scoparia*. *Wetlands Ecology and Management*, 9: 483–489.
- KHAN, M. A.; GUL, B.; WEBER, D. J. (2001b). Salinity and temperature effects on the germination of dimorphic seeds of *Suaeda moquinii*. *Australian Journal of Botany*, 49: 185–192.
- KHAN, M. A.; GUL, B. (2006). Halophyte Seed Germination. In: KHAN, M. A.; WEBER, D. J. (Eds.), *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*. Springer, Netherlands. pp 11-30.
- LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (2008). *Seedling ecology and evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- LEE, J. A.; IGNACIUK, R. (1985). The physiological ecology of strandline plants. *Vegetatio*, 62: 319-326.
- MAUN, M. A. (1994). Adaptations enhancing survival and establishment of seedlings on coastal dune systems. *Vegetatio*, 111(1): 59-70.
- NANDULA, V.; EUBANK, T.; POSTON, D.; KOGER, C.; REDDY, K. (2006). Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadiensis*). *Weed Science*, 54(5): 898–902.

- NARBONA, E.; ARISTA, M.; ORTIZ, P. (2007). High temperature and burial inhibit seed germination of two perennial Mediterranean *Euphorbia* species. *Botanica Helvetica*, 117(2): 169 – 180.
- NEDJIMI, B. (2009). Salt tolerance strategies of *Lygeum spartum* L.: a new fodder crop for Algerian saline steppes. *Flora* 204: 747–754.
- PULGAR, I. (2004). *Guía da flora do complexo dunar de Corrubedo e lagoas de Carregal e Vixán*. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- QU, X.; HUANG, Z.; BASKIN, J.; BASKIN, C. (2008). Effect of Temperature, Light and Salinity on Seed Germination and Radicle Growth of the Geographically Widespread Halophyte Shrub *Halocnemum strobilaceum*. *Annals of Botany*, 101(2): 293–299.
- RAMIL, P.; RODRÍGUEZ, M.; HINOJO, B.; NÓVOA, B.; RUBINOS, M.; SINDE, M.; FERREIRO, J.; GÓMEZ-ORELLANA, L.; DÍAZ, R.; MARTÍNEZ, S.; CILLERO, C.; MUÑOZ, C.; RODRÍGUEZ, P. (2011). Plan Director de la Red Natura 2000 de Galicia. Anexo I. Patrimonio natural y Biodiversidad. Dirección Xeral de Conservación da Natureza. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- SANMARTÍN, L. A.; LAGO, H. (1998). *Guía da flora do litoral galego*. Xerais. Vigo.
- SHUMWAY, S. W. (2000). Facilitative effects of a sand dune shrub on species growing beneath the shrub canopy. *Oecologia*, 124: 138-148.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; SKAROU, F. (1989). *Glaucium flavum* seed germination: An ecophysiological approach. *Annals of Botany*, 63(1): 121-130.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; DOUMA, D. J.; MARANGAKI, C. (1991). Photo inhibition of Seed Germination in Mediterranean Maritime Plants. *Annals of Botany*, 68(5): 469-475.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; DELIPETROU, P. (1994). Photoinhibition of seed germination in the maritime plant *Matthiola tricuspidata*. *Annals of Botany*, 76(3): 639-644.
- TLIG, T.; GORAI, M.; NEFFATI, M. (2008). Germination responses of *Diploaxis harra* to temperature and salinity. *Flora*, 203(5): 421–428.
- UNGAR, I. A. (1996). Effect of salinity on seed germination, growth, and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). *American Journal of Botany*, 83(5): 604-607.
- WEI, Y.; DONG, M.; HUANG, Z.; TAN, D. (2008). Factors influencing seed germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae), a dominant annual halophyte inhabiting the deserts of Xinjiang, China. *Flora*, 203(2): 134–140.
- YU, S. L.; STERNBERG, M.; KUTIEL, P.; CHEN, H. W. (2007). Seed mass, shape, and persistence in the soil seed bank of Israeli coastal sand dune flora. *Evolutionary Ecology Research*, 9: 325-340.

ZHANG, J.; MAUN, M. A. (1994). Potential for seed bank formation in seven Great Lakes sand dune species. *American Journal of Botany*, 81(4): 387-394

ZHENG, Y.; XIE, Z.; GAO, Y.; JIANG, L.; XING, X.; SHIMIZU, H.; RIMMINGTON, G. M. (2005). Effects of light, temperature and water stress on germination of *Artemisia sphaerocephala*. *Annals of Applied Biology*, 146: 327–335.

ZHENG, M. Q.; ZHENG, Y. R.; ZHOU, G. S.; WU, Y. Z.; AN, P.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (2009). Effects of watering regime and depth of burial on seedling emergence of four dominant psammophytes in the Mu Us sandy land, Inner Mongolia, China, and relevance to revegetation of a desertified region. *Annals of Applied Biology*, 154(1): 87-96.





INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
INVESTIGACIÓN EN AGROPECUARIO
INVESTIGACIÓN EN AGROPECUARIO
INVESTIGACIÓN EN AGROPECUARIO

OBJETIVOS GENERALES



El objetivo general de esta tesis es contribuir al conocimiento del funcionamiento de los hábitats de litoral, mediante el estudio de la respuesta germinativa de especies características, como base para su conservación o restauración. El objetivo general de este estudio se ha desarrollado en los siguientes objetivos concretos:

1. Caracterizar las semillas de las especies estudiadas según sus condiciones tras la dispersión, especialmente el tipo de dormición y factores que la controlan, así como la posibilidad de formación o no de bancos de semillas que de ello se deriva.
2. Evaluar el efecto de uno de los principales factores ambientales (luz) sobre la germinación de las semillas de las especies objeto de estudio, tanto las recién producidas como las almacenadas a corto plazo, así como la variabilidad interanual de las primeras.
3. Analizar el efecto de otro de los principales factores ambientales, la salinidad y capacidad de recuperación de la germinación de semillas de las plantas de litoral estudiadas, en las condiciones de su propio medio.
4. Establecer la función que desempeña la germinación de las semillas en relación con la conservación y/o restauración de los hábitats de que forman parte.

Distribución temporal de la investigación en relación con los objetivos

La realización de los tratamientos planteados en el diseño experimental en relación con los objetivos que se persiguen se ha distribuido de manera diferenciada en el tiempo; en primer lugar se procedió a estudiar el efecto de la luz sobre la germinación de las semillas, tratamientos que se realizaron durante tres años consecutivos (2008, 2009 y 2010), como queda recogido en el Capítulo I. Los resultados iniciales de este primer capítulo nos llevaron a establecer la posible dormición y almacenamiento en banco de semillas de las especies estudiada; en algunas de ellas se consideró que no presentaban dormición en condiciones de primavera de su propio medio, mientras que en otras los bajos niveles de germinación nos llevaron a suponer que existía dormición en ellas, por lo que fueron objeto del estudio sobre la misma que se planteó en el Capítulo II, en el que se evaluó su germinación con los tratamientos de estratificación fría, escarificación y giberelinas realizados simultáneamente en los años 2009, 2010 y 2011 de estudio. Y también simultáneamente, durante el año 2009 se desarrollaron los estudios de campo destinados a evaluar la respuesta germinativa de las semillas en dos niveles de profundidad y en las condiciones ambientales propias de su medio (Capítulo IV). En 2011 se analizó la influencia de la salinidad en la germinación, (Capítulo III), seleccionando para ello las especies en las que se había observado elevado nivel de germinación, que se han considerado más adecuadas para investigar dicho efecto.





CAPÍTULO I:

**Germinación de flora de litoral.
Efecto de la luz, variabilidad interanual y
almacenamiento a corto plazo.**



1.1. INTRODUCCIÓN

El medio litoral comprende una estrecha franja de terreno que debido a su proximidad al mar está directamente influenciado por él. La flora de litoral se han adaptado a lo largo de su evolución a soportar condiciones extremas, de ahí que el número de especies adaptadas a estos ambientes pertenecen sobre todo a unas pocas familias con una gran especialización, tales como Quenopodiáceas, Poligonáceas, Cariofiláceas, Crasuláceas, etc. (Sanmartín & Lago, 1998).

Las plantas que colonizan ambientes costeros encuentran en los fuertes vientos, el impacto de las partículas en suspensión y el escaso suelo unas condiciones que dan lugar a una marcada adaptación a este medio, como la halofilia y el crecimiento pulviniforme. La flora litoral desempeña una función capital en el mantenimiento de los sistemas dunares y de un complejo ecosistema del que depende una numerosa fauna. Los sistemas dunares costeros concretamente representan uno de los ecosistemas más sensibles y vulnerables a nivel europeo. Así lo contempla el Consejo Europeo en la Directiva 92/43/CEE de 21 de mayo de 1992. Las especies que colonizan playas y sistemas dunares han adquirido una gran adaptación a las condiciones de elevada radiación solar, temperatura, suelos arenosos y alta salinidad.

La vegetación de arenales presenta característicamente una distribución espacial desde la playa hacia el interior, en función de la intensidad de los factores limitantes; pudiendo diferenciarse comunidades vegetales características de cada una de las bandas o cinturones de vegetación (Izco, 1992; Izco *et al.*, 1993; Pulgar, 2004), que se corresponden con diferentes tipos de hábitats de interés para conservación y/o prioritarios del grupo de las dunas marítimas y continentales según la anteriormente mencionada Directiva Hábitat europea; bien representados en Galicia.

Algunas de las características biológicas de las especies dunares son el requerimiento de suelos arenosos, halofilia, resistencia a altas temperaturas e insolación, xerofilia, fotofilia y la adaptación a la intensa influencia del viento. Dichas características son un reflejo de la gran cantidad de factores que intervienen en el proceso germinativo y primeros estadios de desarrollo de la flora litoral (García, 2008). De especial interés es el papel que juega la luz en la germinación de este tipo de especies, ya que la arena en continuo movimiento por el viento puede cubrir las semillas y someterlas a condiciones de oscuridad, de modo que las regulares condiciones cambiantes de luz, han llevado a respuestas adaptativas relacionadas con las mismas (Maun, 1998). Entre ellas, y en relación con la germinación de las semillas, la fotoinhibición de la germinación, como mecanismo preventivo del establecimiento de plántulas en las capas superficiales de arena, ha sido descrito en plantas de litoral mediterráneo (Thanos *et al.*, 1989, 1991, 1994; Del Vecchio *et al.*, 2012). En este mismo sentido, la ausencia de luz como consecuencia del enterramiento de las semillas también puede inducir su dormición, evitando así su prematura germinación a profundidades que dificultan la emergencia de plántulas (Lee & Ignaciuk, 1985; Zhang & Maun, 1994; Baskin & Baskin, 1998) y favoreciendo así el mantenimiento de un banco de semillas.

Las semillas almacenadas en el suelo, si mantienen su viabilidad, pueden contribuir tanto al establecimiento de nuevos individuos en la población como a la reconstrucción de

hábitats degradados, influyendo por lo tanto a la probabilidad de establecimiento de cada especie (Yu *et al.*, 2003). En este sentido, aunque estudios previos muestran que la capacidad de una especie de formar parte de un banco de semillas es una característica específica, en la que tanto su tamaño como su forma pueden ser aspectos predictivos de dicha condición (Thompson, 1993, 2001; Honda, 2008; Zhao *et al.*, 2011), también se observa que una misma especie presenta diferentes niveles de persistencia en diferentes hábitats (Thompson *et al.*, 1993), o incluso microhábitats de una misma comunidad, como es el caso de flora mediterránea de litoral (Yu *et al.*, 2007, 2008).

Además de la luz, la germinación de especies de hábitats costeros está regulada por numerosos factores, como las características intrínsecas de las semillas que condicionan su germinación, el tipo de dormición que presentan, la salinidad, las fluctuaciones ambientales que influyen en su germinación en determinadas épocas del año, así como las relacionadas con la actividad humana (Baskin & Baskin, 1998; Shumway, 2000; Yu *et al.*, 2007; Gilbert *et al.*, 2008).

Entre todos estos factores, las características ambientales extremas y cambiantes pueden ser superadas con mayor facilidad por aquellas especies que presentan variabilidad en su nivel de dormición y germinación, ya sea entre poblaciones, o entre años en una misma población; incrementando así la distribución de la edad de las semillas y facilitando la variabilidad genética a nivel de población (Andersson & Milberg, 1998); por lo que dichos autores recomiendan que para obtener una información adecuada sobre la germinación de una especie se deben incluir estudios sobre diferentes años o poblaciones.

Los aspectos relativos a la germinación de las semillas de especies características de hábitats costeros mediterráneos son bien conocidos (Barbour, 1970; Thanos *et al.*, 1989, 1991, 1994; Ballestri & Cinelli 2004; Del Vecchio *et al.*, 2012), siendo mucho más escasos los estudios en poblaciones de hábitats costeros atlánticos (Van der Meijden & Van der Waals-Kooi, 1979; Van der Putten, 1990; Walmsey & Davy, 1997; Necajeva & Ievinsh, 2008), como los que son objeto del presente estudio en el NW de España y SW de Europa, zonas geográficas que no han sido estudiadas en este aspecto y cuyo estudio puede proporcionar una nueva aportación en la que examinar dichos aspectos. Pero además, los ecosistemas de litoral se encuentran amenazados por la actividad humana, como consecuencia de la cual los hábitats que albergan resultan alterados y algunas especies reducen sus poblaciones (Ballestri & Cinelli, 2004; Del Vecchio *et al.*, 2012), criterio que se ha tenido en cuenta al incluirlos como de interés o prioritarios para conservación en la Directiva Hábitats europea; por lo que su revegetación debe realizarse únicamente con especies autóctonas, tomando como referencia las comunidades no alteradas (Escaray *et al.*, 2010), lo que justifica la necesidad de conocer sus características germinativas en su propia área geográfica.

En el presente estudio se han investigado los requerimientos germinativos de veintisiete especies representativas de hábitats de litoral atlántico en las condiciones de su propio medio natural, con el objetivo de 1) analizar qué función desempeña la luz, y la existencia o no de fotoinhibición, en dicha respuesta germinativa, nuestra hipótesis es que sí, 2) verificar la existencia o no de variabilidad interanual y con el almacenamiento a corto plazo en dicha respuesta.

1.2. MATERIAL Y MÉTODOS

1.2.1. Selección de especies

Se seleccionaron veintisiete especies herbáceas y arbustivas representativas de la flora del litoral gallego pertenecientes a distintos hábitat litorales como roquedos costeros, arenales, playas, dunas y acantilados, la mayoría de ellas características de las comunidades descritas en Galicia, noroeste de la península ibérica (Izco *et al.*, 2000), como se muestra en la Tabla 1.1. Las características de estas especies vienen recogidas en la Tabla 1.2., veinticuatro de estas especies son autóctonas y sólo tres alóctonas.

1.2.2. Recogida de semillas

La recogida de las semillas de las especies seleccionadas se realizó en los meses de julio a septiembre durante tres años consecutivos (2008, 2009, 2010) en poblaciones del litoral gallego (A Coruña, noroeste de España) en las que los hábitats anteriormente citados se encuentran bien representados (Figura 1.1.). De cada especie se seleccionaron varios individuos con frutos sanos, vigorosos y de buena conformación. Las semillas fueron recolectadas en los individuos seleccionados en cada población y en diferentes ramas de cada individuo, recolectándose sólo aquellos que presentaron aparentemente un buen estado de madurez.

1.2.3. Procesamiento y almacenamiento

La separación y limpieza de las semillas se realizó manualmente en el laboratorio. Al secarse los frutos se abren en la mayoría de los casos y por lo tanto se liberan las semillas. Se han separado semillas en la mayoría de las especies, excepto las que presentan frutos secos monospermos (Compositae, Gramineae, Polygonaceae y Umbelliferae) en cuyo caso se han manejado siempre frutos.

Una vez extraídas las semillas/frutos se almacenaron en seco y en oscuridad envueltas en papel a temperatura ambiente, hasta el inicio de los ensayos de germinación, salvo en el caso de las especies con fruto carnoso (*Daphne gnidium* y *Corema album*), que una vez secos se almacenaron hasta que fueron abiertos manualmente y sus semillas puestas a secar diez días antes de ser utilizadas, tal como se ha realizado en otros estudios de germinación de plantas con frutos carnosos (Baskin *et al.*, 2005).

Para cada tratamiento, se prepararon cuatro réplicas de 35 semillas de cada especie, salvo en algunas especies con menor disponibilidad de diásporas (*Cakile maritima*, *Elymus farctus* y *Armeria pubigera*), en las que se prepararon tres réplicas de 20 semillas.

Especies	Asociación													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
<i>Arctotheca calendula</i> (L.) Levyns	2 ^a													
<i>Armeria pubigera</i> (Desf.) Boiss	2 ^a			1 ^a	1 ^a		1 ^a					0 ^a		
<i>Artemisia crithmifolia</i> L.								0 ^{a,g}		1 ^a				2 ^f
<i>Cakile maritima</i> Scop.	1 ^{a,c}		0 ^{a,g}					2 ^{a,c}						
<i>Cistus salviifolius</i> L.										2 ^a		1 ^a		1 ^f
<i>Corema album</i> (L.) D. Don.										0 ^a		2 ^a		1 ^f
<i>Crithmum maritimum</i> L.			0 ^g	1 ^a	1 ^a		1 ^a	0 ^{a,g}		2 ^a				
<i>Daphne gnidium</i> L.				2 ^a						2 ^a		1 ^a		2 ^f
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Rumemark ex Melderis. subsp. boreali-atlanticus	2 ^{a,c}		1 ^{a,c,g}					1 ^{a,c,g}						
<i>Eryngium maritimum</i> L.	2 ^a		1 ^{a,g}					1 ^{a,c,g}		1 ^a				
<i>Euphorbia paralias</i> L.	2 ^c		1 ^{a,c,g}					1 ^{a,c,g}						
<i>Glaucium flavum</i> Crantz.	2 ^a		0 ^g											
<i>Helichrysum picardii</i> Boiss. & Reut.								0 ^{a,c,g}		1 ^a	2 ^b			
<i>Iberis procumbens</i> Lange. subsp. <i>procumbens</i>								0 ^{a,g}		1 ^a	2 ^b			
<i>Linaria polygalifolia</i> Hoffmanns. & Link			1 ^c					1 ^{c,g}			1 ^b			
<i>Malcolmia littorea</i> (L.) R.Br.			2 ^{a,g}					1 ^{a,g} 2 ^c		1 ^a			2 ^a	
<i>Medicago marina</i> L.								1 ^{a,c,g}		1 ^a				
<i>Oenothera glazioviana</i> Micheli in Mart.														
<i>Otanthus maritimus</i> (L.) Hoffmanns. & Link.	2 ^a		1 ^{a,g}					1 ^{a,g}		1 ^a				
<i>Pancratium maritimum</i> L.			1 ^{a,g}					1 ^{a,c,g}		1 ^a	2 ^b			
<i>Panicum repens</i> L.														
<i>Petrorhagia nanteuilii</i> (Burnat) P.W. Ball & Heywood														
<i>Polygonum maritimum</i> L.	1 ^a		1 ^{a,c,g}											
<i>Scolymus hispanicus</i> L.			2 ^c							2 ^a				
<i>Scrophularia frutescens</i> L.										1 ^a	2 ^b			
<i>Seseli tortuosum</i> L.										1 ^a				
<i>Silene uniflora</i> Roth. subsp. <i>uniflora</i>					1 ^d									

Asociaciones	
I: <i>Honckenyo-Euphorbietum peplis</i>	VIII: <i>Otanthus maritimi-Ammophiletum australis</i>
II: <i>Polygonum maritimi-Elymetum pycnanthi</i> (*)	IX: <i>Festuco arenariae-Crucianelletum maritimae</i> (*)
III: <i>Euphorbio paraliae-Agropyretum junceiformis</i>	X: <i>Scrophulario frutescentis-Vulpietum alpecum</i>
IV: <i>Crithmo maritimi-Armerietum pubigeriae</i>	XI: <i>Linario polygalifoliae-Corynephoretum canescentis</i>
V: <i>Dauco gummiferi-Festucetum pruinosae</i>	XII: <i>Cisto salvifolii-Ulicetum humilis</i>
VI: <i>Festuco pruinosae-Brachypodietum rupestres</i> ^(e)	XIII: <i>Violo henriquesii-Silenetum littoreae</i>
VII: <i>Spergulario rupicolae-Armerietum depilatae</i>	XIV: <i>Festuco-Coremetum albi</i>

Tabla 1.1. Contribución de las especies estudiadas en las comunidades de litoral descritas en Galicia por Izco et al., 2000 (0: diferenciales de subasociación; 1: especie característica de la asociación y de unidades superiores; 2: especie compañera. (*): sin inventarios publicados. Fuentes: Guitián, P. (1989)^a, Guitián, J. & Guitián, E. (1990)^f, Izco, J.; Guitián, P. & Sánchez, J. M. (1993)^g, Izco, J & Sánchez, J. M. (1996)^c, Rodríguez-Oubiña, J.; Ortiz, S. & Pulgar, I. (1997)^b, Rivas-Martínez, S.; Díaz T.; Fernández-González, F.; Izco, J.; Loidi, J.; Lousã, M. & Penas, A. (2002)^e, Mouriño, J. & Otero, X. L. (2002)^d.

Familia ^{a, d}	Especie ^{a, d}	Hábitat ^{a, d}	Tipo biológico ^{a, b}	Tipo de fruto ^{a, b}	Longitud de la semilla (mm) ^a	Peso de 100 semillas (g) ^{b, e}	Viabilidad ^e
AMARYLLIDACEAE	<i>Pancratium maritimum</i> L.	Dunas costeras, principalmente secundaria.	Perenne	Cápsula	9-15,2 x 7-9,5	5,40	Elevada (2008)
CARYOPHYLLACEAE	<i>Petrorhagia nanteuilii</i> (Burnat) P.W. Ball & Heywood	Duna secundaria, suelos arenosos y ambientes algo ruderalizados.	Anual	Cápsula	1,4-2	0,027	Muy elevada (2008)
	<i>Silene uniflora</i> Roth. subsp. <i>uniflora</i>	Arenales, acantilados y roquedos marítimos.	Perenne	Cápsula	1-1,3 x 1,2-1,8	0,12	Muy elevada (2008)
CISTACEAE	<i>Cistus salvifolius</i> L.	Paleodunas o dunas estabilizadas, matorrales y pinares en suelos arenosos.	Perenne	Cápsula	1	0,12	Elevada
COMPOSITAE	<i>Arctotheca calendula</i> (L.) Levyns	Alóctona naturalizada en dunas, arenales alterados, zonas costeras y ruderales.	Anual	Aquenio	2,3 ^c	0,173	Elevada (2009)
	<i>Artemisia crithmifolia</i> L.	Duna fija	Perenne	Aquenio	1 ^c	0,023	Muy elevada (2008)
	<i>Helichrysum picardii</i> Boiss. & Reut.	Duna secundaria y terciaria	Perenne	Aquenio	0,8 ^c	0,007	Elevada (2008)
	<i>Otanthus maritimus</i> (L.) Hoffmanns. & Link.	Duna primaria y playa	Perenne	Aquenio	4-5 ^c	0,058	Elevada
	<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Duna terciaria, arenales, pastizales, cunetas, tierras sueltas y removidas.	Bienal o perenne	Aquenio	3-5 ^c	0,16	Baja
CRUCIFERAE	<i>Cakile maritima</i> Scop.	Playas y dunas embrionarias y arenales marítimos y ambientes ruderales.	Anual	Silicua	2,3-4,7 x 1-2,5	1,62	Elevada (2008)

Tabla 1.2. Características principales de las especies estudiadas. Fuentes: ^aCastroviejo *et al.*, (1986-2011); ^bBaskin & Baskin (1998); ^cGarcía X.R. (2008); ^dRomero M.I. (2008) y ^eelaboración propia. Datos de viabilidad máxima obtenidos de los distintos tratamientos realizados (entre paréntesis el año de estudio donde fue registrado). La notación sigue una escala de valor según el nivel de viabilidad: muy baja ($\leq 10\%$), baja (11-40%), media (41-59%), elevada (60-89%) y muy elevada ($\geq 90\%$).

CRUCIFERAE	<i>Iberis procumbens</i> Lange. subsp. <i>procumbens</i>	Arenales de playas y dunas secundarias y terciarias	Perenne	Silicua	2,5-1,5	0,14	Muy elevada (2009)
	<i>Malcolmia littorea</i> (L.) R.Br.	Arenales litorales y duna secundaria	Perenne	Silicua	0,7-1,2 x 0,4-0,7	0,013	Muy elevada (2010)
EMPETRACEAE	<i>Corema album</i> (L.) D.Don.	Duna terciaria o paleoduna	Perenne	Drupa	4	0,66	Muy baja
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia paralias</i> L.	Duna primaria y secundaria	Perenne	Cápsula	3,1-3,5 x 2,3-2,8	0,65	Media
GRAMINEAE	<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Rumemark ex Melderis. subsp. <i>boreali-atlanticus</i>	Dunas embrionarias o primarias y móviles.	Perenne	Cariópside	8,5 ^e	1,60	Media
	<i>Panicum repens</i> L.	Alóctona de arenales costeros.	Perenne	Cariópside	2 ^e	0,03	Muy elevada
LEGUMINOSAE	<i>Medicago marina</i> L.	Duna y gravas marítimas.	Perenne	Legumbre	1,5 x 3	0,25	Elevada (2008)
ONAGRACEAE	<i>Oenothera glazioviana</i> Micheli in Mart.	Alóctona de lugares alterados, zonas arenosas, bordes carreteras y regiones litorales.	Bienal o perenne de vida corta	Cápsula	1,3-2 x 1-1,5	0,038	Elevada (2008)
PAPAVERACEAE	<i>Glaucium flavum</i> Crantz.	Rocas, gravas y arenales costeros. También en zonas arenosas ruderalizadas.	Bienal o vivaz	Cápsula	1,5 x 1	0,122	Muy elevada (2009)
PLUMBAGINACEAE	<i>Armeria pubigera</i> (Desf.) Boiss.	Acantilados, roquedos graníticos litorales y arenales.	Perenne	Aquenio	2,9 ^e	0,07	Muy elevada (2010)
POLYGONACEAE	<i>Polygonum maritimum</i> L.	Playas, dunas embrionarias y fisuras de acantilados costeros.	Perenne	Aquenio	3-4 x 2-3	0,23	Muy elevada (2008)
SCROPHULARIACEAE	<i>Linaria polygalifolia</i> Hoffmanns. & Link	Dunas, arenales y acantilados	Perenne	Cápsula	2-3,5 x 1,9-3,3	0,018	Elevada
	<i>Scrophularia frutescens</i> L.	Arenales costeros y dunas fijas.	Anual, bienal o perenne	Cápsula	1,2-1,8 x 0,6-1,2	0,051	Elevada (2010)

Tabla 1.2. (continuación). Características principales de las especies estudiadas. Fuentes: ^aCastroviejo *et al.*, (1986-2011); ^bBaskin & Baskin (1998); ^cGarcía X.R. (2008); ^dRomero M.I. (2008) y ^eelaboración propia. Datos de viabilidad máxima obtenidos de los distintos tratamientos realizados (entre paréntesis el año de estudio donde fue registrado). La notación sigue una escala de valor según el nivel de viabilidad: muy baja ($\leq 10\%$), baja (11-40%), media (41-59%), elevada (60-89%) y muy elevada ($\geq 90\%$).

THYMELAEACEAE	<i>Daphne gnidium</i> L.	Encinares, alcornoques, matorral, paleoduna o duna estabilizada	Perenne	Drupa	4,5-2,3	0,40	Media
UMBELLIFERAE	<i>Crithmum maritimum</i> L.	Acantilados marítimos y arenales litorales.	Perenne	Aquenio	1,5-3,5 (mericarpo)	0,37	Muy elevada (2009)
	<i>Eryngium maritimum</i> L.	Dunas primarias, secundarias y arenales marítimos.	Perenne	Aquenio	4-6 (mericarpo)	1,30	Media
	<i>Seseli tortuosum</i> L.	Dunas, pinares, matorrales y márgenes de caminos.	Bienal o perenne	Aquenio	1,1-1,3 (mericarpo)	0,20	Elevada (2008)

Tabla 1.2. (continuación). Características principales de las especies estudiadas. Fuentes: ^aCastroviejo *et al.*, (1986-2011); ^bBaskin & Baskin (1998); ^cGarcía X.R. (2008); ^dRomero M.I. (2008) y ^eelaboración propia. Datos de viabilidad máxima obtenidos de los distintos tratamientos realizados (entre paréntesis el año de estudio donde fue registrado). La notación sigue una escala de valor según el nivel de viabilidad: muy baja ($\leq 10\%$), baja (11-40%), media (41-59%), elevada (60-89%) y muy elevada ($\geq 90\%$).

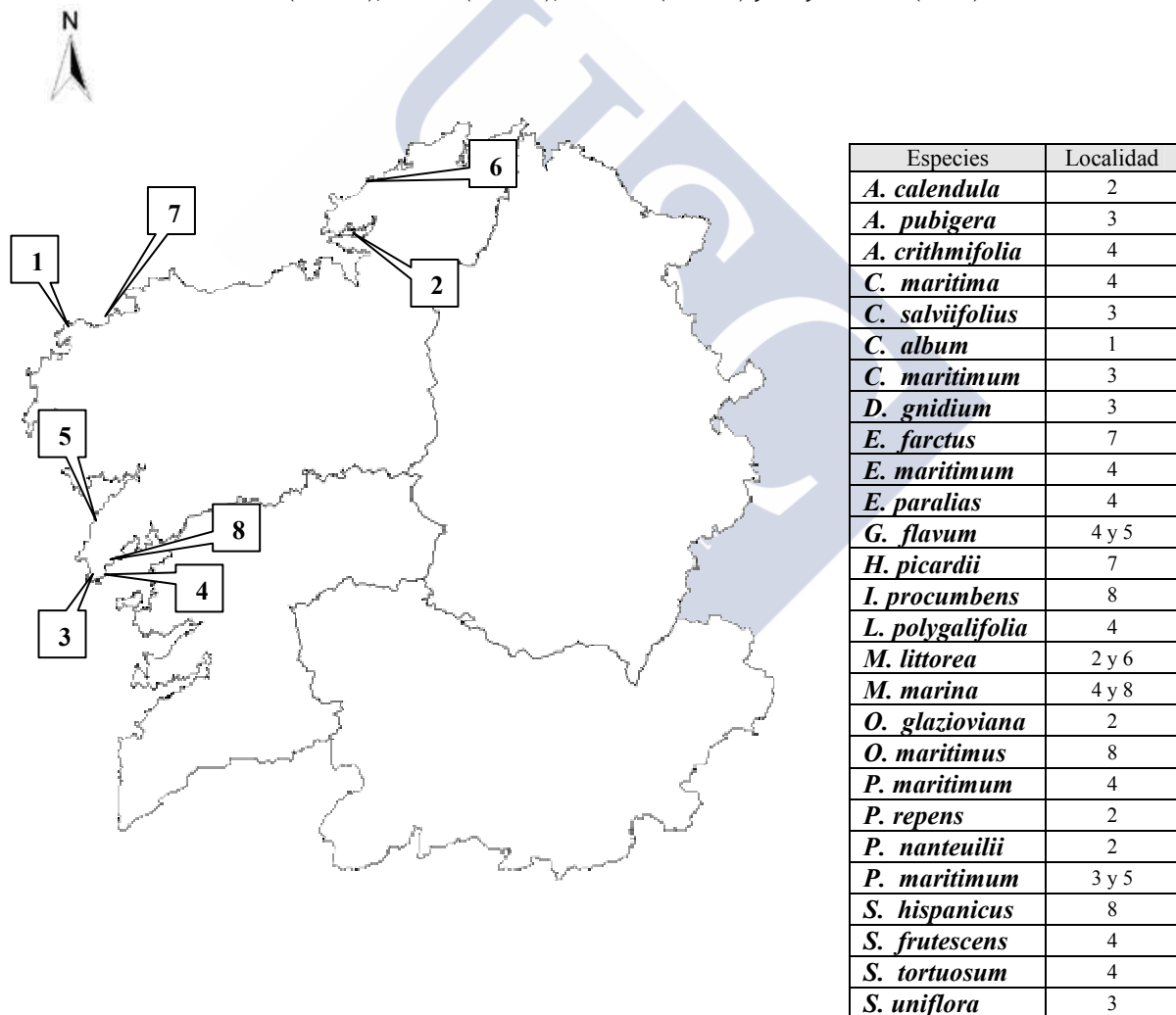


Figura 1.1. Localidades de recolección de semillas de las especies estudiadas. 1: Duna dos Trece (Camariñas); 2: Duna de Cabanas (Cabanas); 3: Punta de Couso (Ribeira); 4: Duna Areeiros-Aguiño (Ribeira); 5: Duna de Xuño (Porto do Son); 6: Playa Frouxeira (Valdoviño); 7: Duna de Laxe (Laxe); 8: Duna da Corna (Pobra do Caramiñal).

1.2.4. Desinfección y siembra

Las semillas se desinfectaron en hipoclorito sódico al 4% y fungicida (Captan) al 1,5% durante un minuto. Posteriormente se lavaron con agua destilada. El papel de filtro usado como sustrato de siembra fue desinfectado también con calor 80° C durante 24 horas.

Se usaron placas de tipo Petri estériles, en las que se dispuso una doble capa de papel de filtro en cada una y se colocaron las semillas, a las que se aplicó un primer riego con agua destilada y fungicida al 1,5%. Los sucesivos riegos se repitieron como mínimo dos veces a la semana, manteniendo hidratado el sustrato, sin encharcar la superficie.

Los tratamientos se realizaron a finales de invierno y principios de la primavera siguiente a la recolección, época en la que se dan las mejores condiciones para la germinación de estas especies, como han encontrado Thanos *et al.*, (1991) estudiando flora de litoral, así como Baskin & Baskin (1998); en las instalaciones disponibles en el entorno del Parque Natural del complejo dunar de Corrubedo y lagunas de Carregal y Vixán (A Coruña), de modo que las condiciones de temperatura (10-15°C media diaria el primer mes, 10-20°C el segundo y tercero) y luz de los tratamientos fueron las registradas en este medio natural durante la realización de los mismos (Figura 1.2.). La duración de los tratamientos fue de tres meses (15 de febrero a 15 mayo), tiempo suficiente para que la germinación final obtenida en el conjunto de las especies estudiadas no presentara variación. El recuento de las semillas germinadas se realizó dos veces por semana, considerando como tal aquellas cuya radícula se observa con claridad a simple vista (Boojh & Ramakrishnan, 1982, Vigna *et al.*, 1983), criterio habitualmente utilizado en estudios ecológicos de germinación (Figura 1.3.).

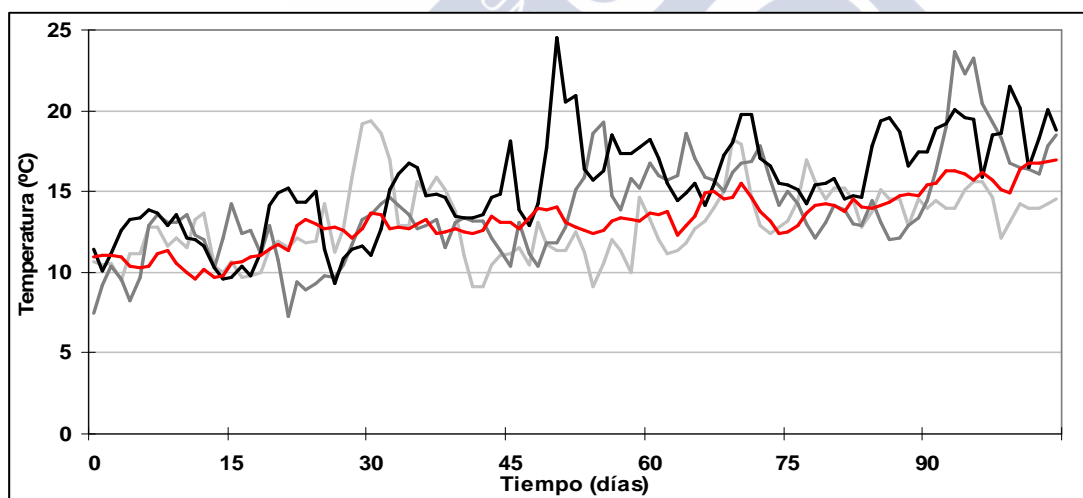


Figura 1.2. Temperatura media diaria registrada en la estación meteorológica del Parque Natural del complejo dunar de Corrubedo (A Coruña) desde el 15 de febrero hasta el 30 de mayo durante los años 2009, 2010 y 2011, junto con la temperatura media diaria registrada durante los ocho años anteriores a la realización de tratamientos (2001-2008) en la misma estación meteorológica. Temperatura media diaria 2001-2008 (—); Temperatura media diaria 2009 (—); Temperatura media diaria 2010 (—), Temperatura media diaria 2011 (—). (Fuente: Meteogalicia.es).

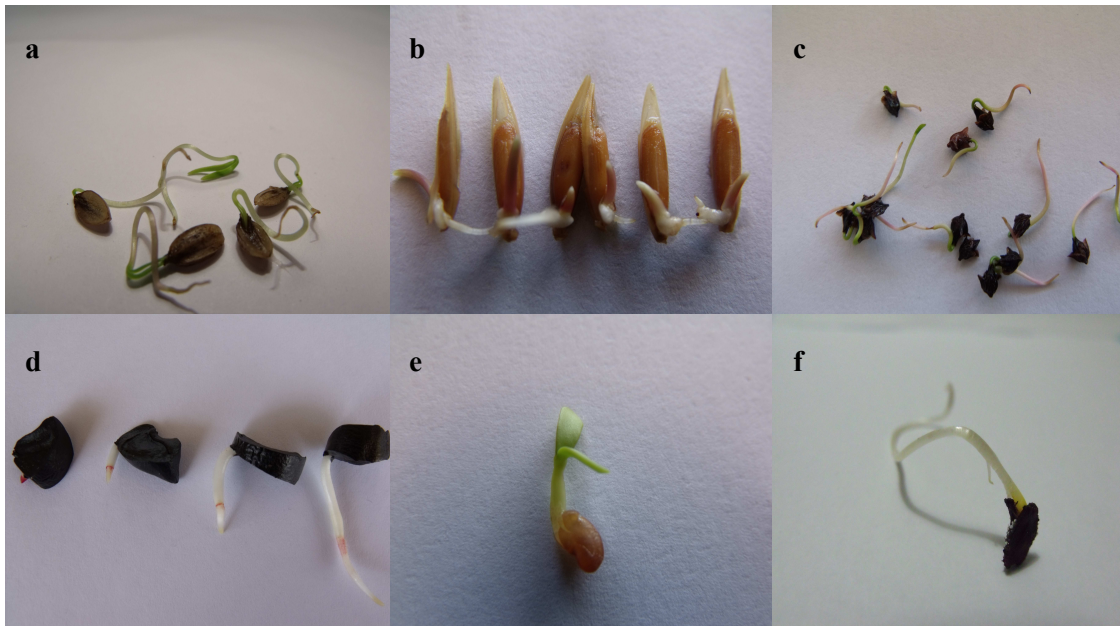


Figura 1.3. Semillas germinadas con emergencia de la radícula de algunas de las especies estudiadas. a) *Crithmum maritimum*; b) *Elymus farctus*; c) *Polygonum maritimum*, d) *Pancratium maritimum*; e) *Medicago marina*; f) *Eryngium maritimum*).

1.2.5. Viabilidad de las semillas

La viabilidad de las semillas se ha obtenido indirectamente, a partir de los datos de germinación, en aquellas especies en las que en alguno de los tratamientos realizados (incluyendo aquellos relativos al estudio de la dormición) ha resultado muy elevada; mientras que en las restantes se ha obtenido directamente, realizando pruebas de viabilidad de las semillas, utilizando para ello el test de tetrazolio (cloruro de 2, 3, 5, - trifenil-tetrazolio) (Ista, 1985, 1999). Esta última prueba resultó laboriosa en aquellas especies con semillas muy pequeñas, y el resultado obtenido en cuanto a su nivel tinción fue variable entre especies; no obstante, se ha adoptado el criterio de considerar viables aquellas semillas que presentaban una tinción rosada-roja o claramente roja. Para ello, las semillas se seleccionaron y contaron con ayuda de una lupa binocular, se prepararon lotes de 5/10 semillas de cada especie estudiada, colocadas en placas de 15/30 semillas. Las semillas se hidrataron las primeras 24 horas, se cortaron, para facilitar el contacto del embrión con el tetrazolio, que se añadió a continuación, manteniéndolas en oscuridad durante los cinco o seis días siguientes necesarios para observar su coloración; considerando como viables las que presentaron una tinción entre rosado y roja, generalmente transcurridas entre 24-48 horas, mientras que las que no se tiñeron fueron consideradas como no viables. En la Figura 1.4. se observa la morfología de las semillas de las especies estudiadas

1.2.6. Germinación en Luz/Oscuridad

Para la realización de estos tratamientos todas las placas se colocaron al aire libre, y las correspondientes al tratamiento en oscuridad se han envuelto en doble capa de papel de aluminio opaco a la luz, evitando su exposición a la luz al realizar los controles de germinación. Los tratamientos de fotoperiodo y oscuridad se han realizado para la mayoría de las especies con semillas recogidas el primer año del estudio (2008), salvo en el caso de tres

de las especies estudiadas (*Euphorbia paralias*, *Linaria polygalifolia*, *Panicum repens* y *Scolymus hispanicus*), en las que se ha realizado con las del segundo/tercero.

1.2.7. Variabilidad interanual de la germinación

Para el estudio de la variabilidad interanual en la germinación de las semillas, se han recogido nuevamente semillas de las especies estudiadas en las mismas localidades y épocas, con los mismos criterios de recolección, en los dos años siguientes (2009 y 2010). En este caso se ha realizado un solo tratamiento, el de fotoperiodo a todas ellas (excepto a *Arctotheca calendula* por falta de semillas), siguiendo la metodología explicada anteriormente.

1.2.8. Variabilidad de la germinación con el almacenamiento

Para el estudio de la variabilidad en la germinación con el almacenamiento a corto plazo las semillas del primer año se han almacenado durante dos años en lugar seco y en oscuridad, en condiciones de temperatura de su propio ambiente natural, similares a las que pueden estar sometidas las semillas recién producidas en las capas superficiales del suelo. Transcurrido dicho tiempo se ha realizado nuevamente el tratamiento, en la misma época, en condiciones de fotoperiodo a todas ellas.

1.2.9. Análisis estadístico

Para cada uno de los tratamientos se calculó el porcentaje diario y final de germinación y los datos obtenidos se representaron gráficamente, obteniendo así las curvas de germinación correspondientes, lo que facilita la observación de las diferencias entre tratamientos y especies (Thomson & El-Kassaby, 1993). También se calculó tiempo medio de germinación (Mean germination time, MGT) (t_m) para cada especie y tratamiento, según Ellis & Roberts (1980) y Tompsett & Pritchard (1998), relacionado con el ritmo de germinación.

$$\text{MGT} = \Sigma(Dn)/\Sigma n$$

Siendo:

n : número de semillas que germinan en el día D

D : es el número de días contados desde el comienzo del tratamiento.

Para facilitar el análisis de los resultados obtenidos hemos establecido una escala de valor según el nivel de germinación: nulo=0%, muy bajo ($\leq 10\%$), bajo (11-40%), medio (41-59%), elevado (60-89%) y muy elevado ($\geq 90\%$).

Del mismo modo hemos establecido una escala indicativa del ritmo de germinación a partir de los tiempos medios de germinación obtenidos: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30 días), L; lento (31-60 días), ML; muy lento (> 60 días).

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el análisis de la varianza Anova, o la prueba t de Student, según resultase procedente, para comprobar las diferencias significativas entre los valores medios obtenidos en la germinación final de los diferentes tratamientos estudiados, así como en los tiempos medios de germinación, previa transformación arcoseno \sqrt{p} en el primer caso y logarítmica en el segundo; utilizando como test *a posteriori* el test, DMS o Games-Howel, según resultase procedente, para identificar las

diferencias entre tratamientos (Sokal & Rohlf, 1979; Pardo & Ruíz, 2001); empleando para ello el paquete estadístico SPSS.

Con los valores de germinación se ha calculado el nivel crítico empleando la distribución Chi-cuadrado, como han realizado Curie *et al.*, (2007), puesto que la varianza de estos datos transformados es constante y conocida (Mason *et al.*, 1989; Peña, 2002), utilizando como test de contraste el LSD adaptado; lo que permite evidenciar de modo más resolutivo las diferencias significativas (Díaz-Vizcaíno *et al.*, 2010).

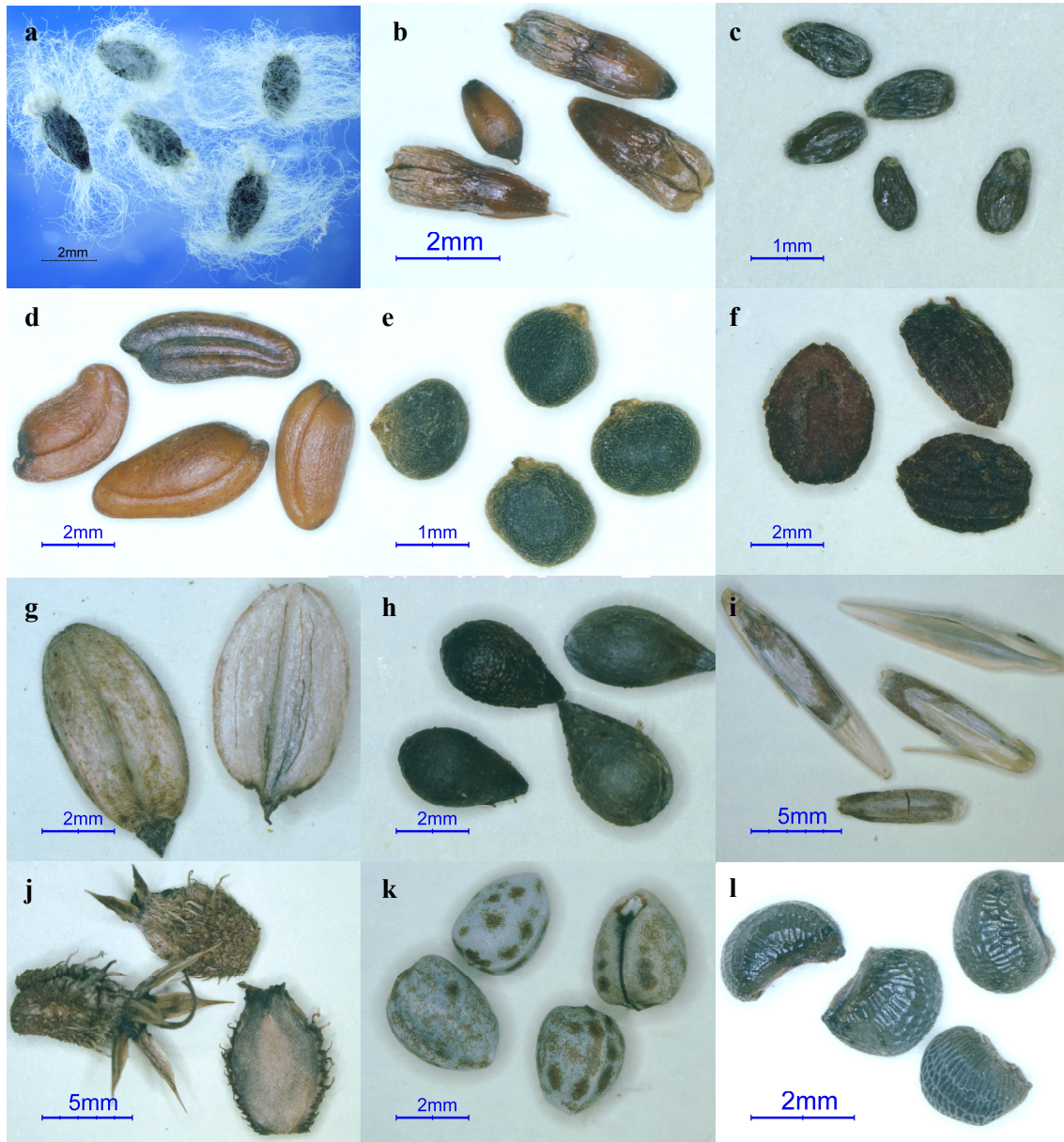


Figura 1.4. Morfología de las semillas/frutos de las especies estudiadas. a) *Arctotheca calendula*; b) *Armeria pubigera*; c) *Artemisia crithmifolia*; d) *Cakile maritima*; e) *Cistus salviifolius*; f) *Corema album*; g) *Crithmum maritimum*; h) *Daphne gnidium*; i) *Elymus farctus*; j) *Eryngium maritimum*; k) *Euphorbia paralias*; l) *Glaucium flavum*.

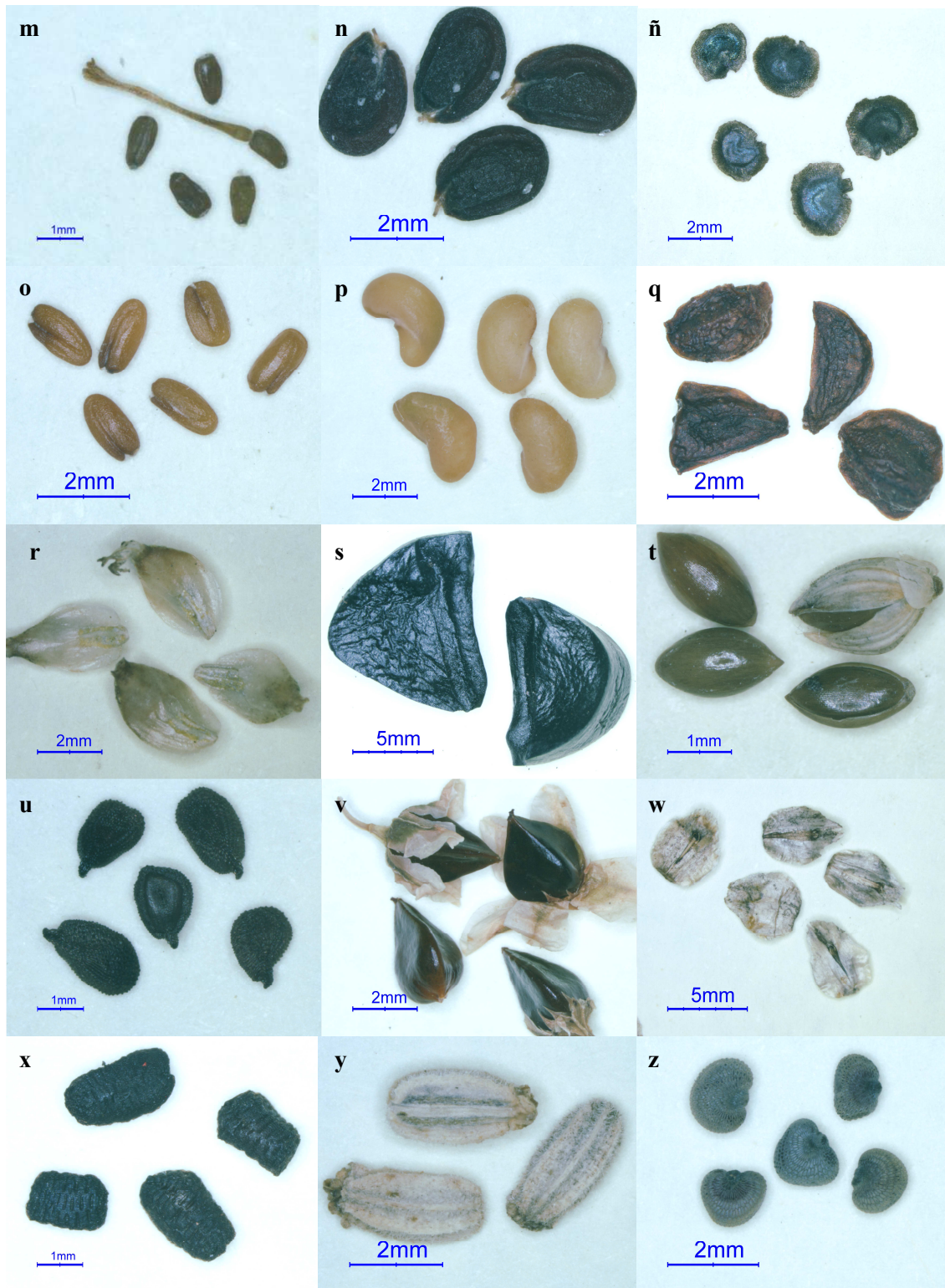


Figura 1.4. Morfología de las semillas de las especies estudiadas. m) *Helichrysum picardii*; n) *Iberis procumbens*; ñ) *Linaria polygalifolia*; o) *Malcolmia littorea*; p) *Medicago marina*; q) *Oenothera glazioviana*; r) *Otanthus maritimum*; s) *Pancratium maritimum*; t) *Panicum repens*; u) *Petrorhagia nanteuilii*; v) *Polygonum maritimum*; w) *Scolymus hispanicus*; x) *Scrophularia frutescens*; y) *Seseli tortuosum*; z) *Silene uniflora*.

1.3. RESULTADOS

1.3.1. Dinámica de germinación

En la Figura 1.5 se presentó la dinámica de la germinación de las especies estudiadas y en el Anexo estadístico (Tablas 1.1 a la 1.6) se presentaron los resultados correspondientes a los diferentes tratamientos de datos realizados a partir de los valores de germinación (nivel de germinación y tiempo medio de germinación). La exposición de los resultados siguió la metodología expuesta de asignar a cada especie una escala de valor según el nivel de germinación y el tiempo medio de germinación, agrupando las especies según el primero de ellos y tomando como referencia los resultados obtenidos el primer año en fotoperiodo.

Especies con nivel de germinación muy elevado: se obtuvieron inicialmente porcentajes de germinación muy altos en las siguientes especies: *Artemisia crithmifolia*, *Petrorhagia nanteuillii*, *Polygonum maritimum* y *Silene uniflora*.

Artemisia crithmifolia mostró en condiciones de fotoperiodo una germinación muy elevada, que se redujo significativamente en oscuridad hasta un nivel medio. La germinación presentó escasa variabilidad interanual pues se mantuvo muy elevada o elevada; no obstante las diferencias entre años pueden resultar significativas, como ocurre entre el primer año y los otros dos estudiados. Con el almacenamiento, la germinación se redujo hasta niveles bajos, que también difieren significativamente con el valor inicial.

El ritmo de germinación fue rápido, lo que se refleja en un t_m entre dos y tres semanas, tanto en luz como en oscuridad, que no difieren entre sí. La variabilidad interanual en este aspecto también fue escasa, pudiendo ser muy rápido, t_m menos de dos semanas, en cuyo caso las diferencias resultan significativas. Con el almacenamiento descendió ligeramente pero sin cambios significativos, manteniendo un ritmo de germinación rápido.

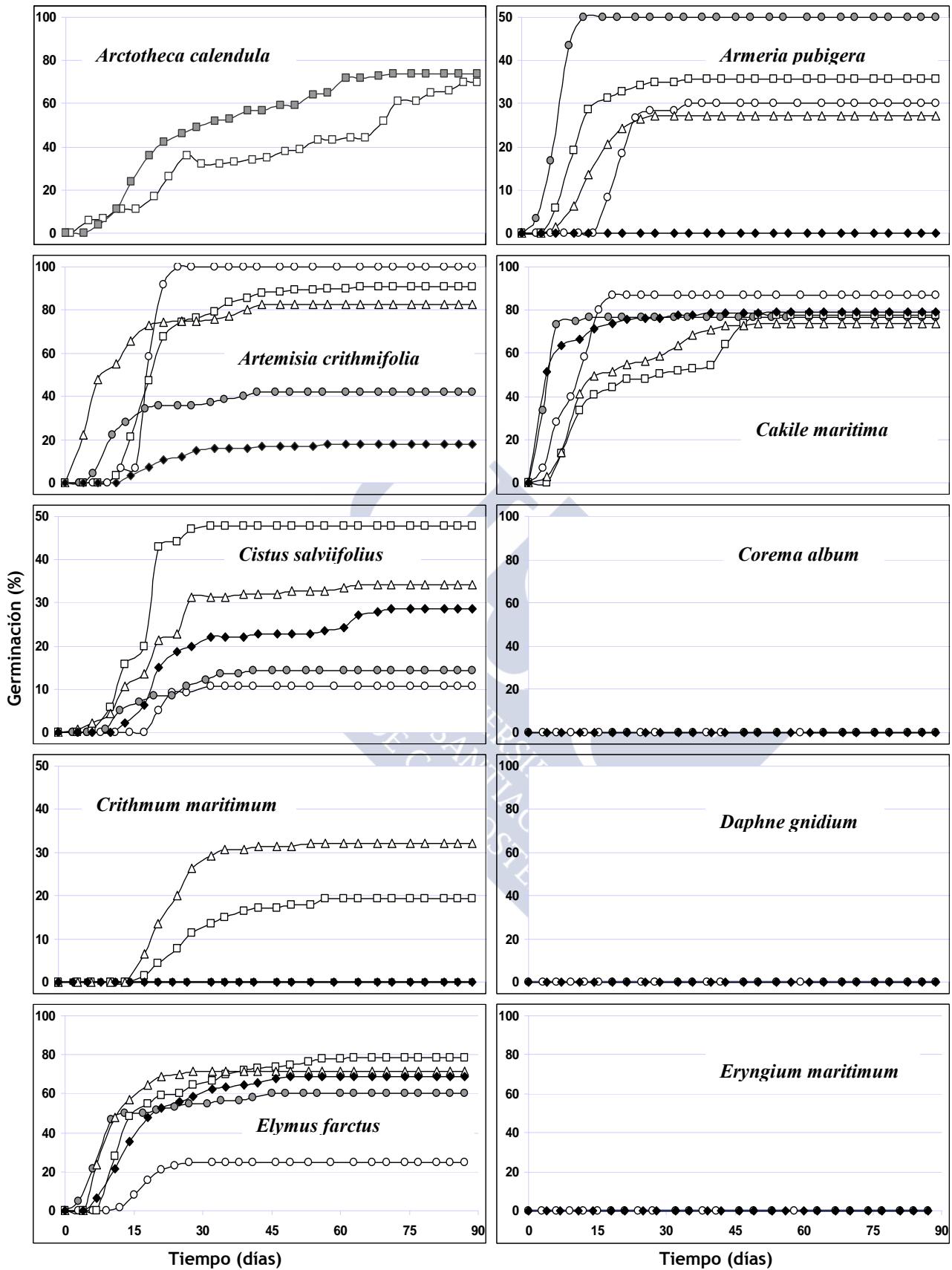


Figura 1.5. Dinámica de la germinación (véase pie completo al final)

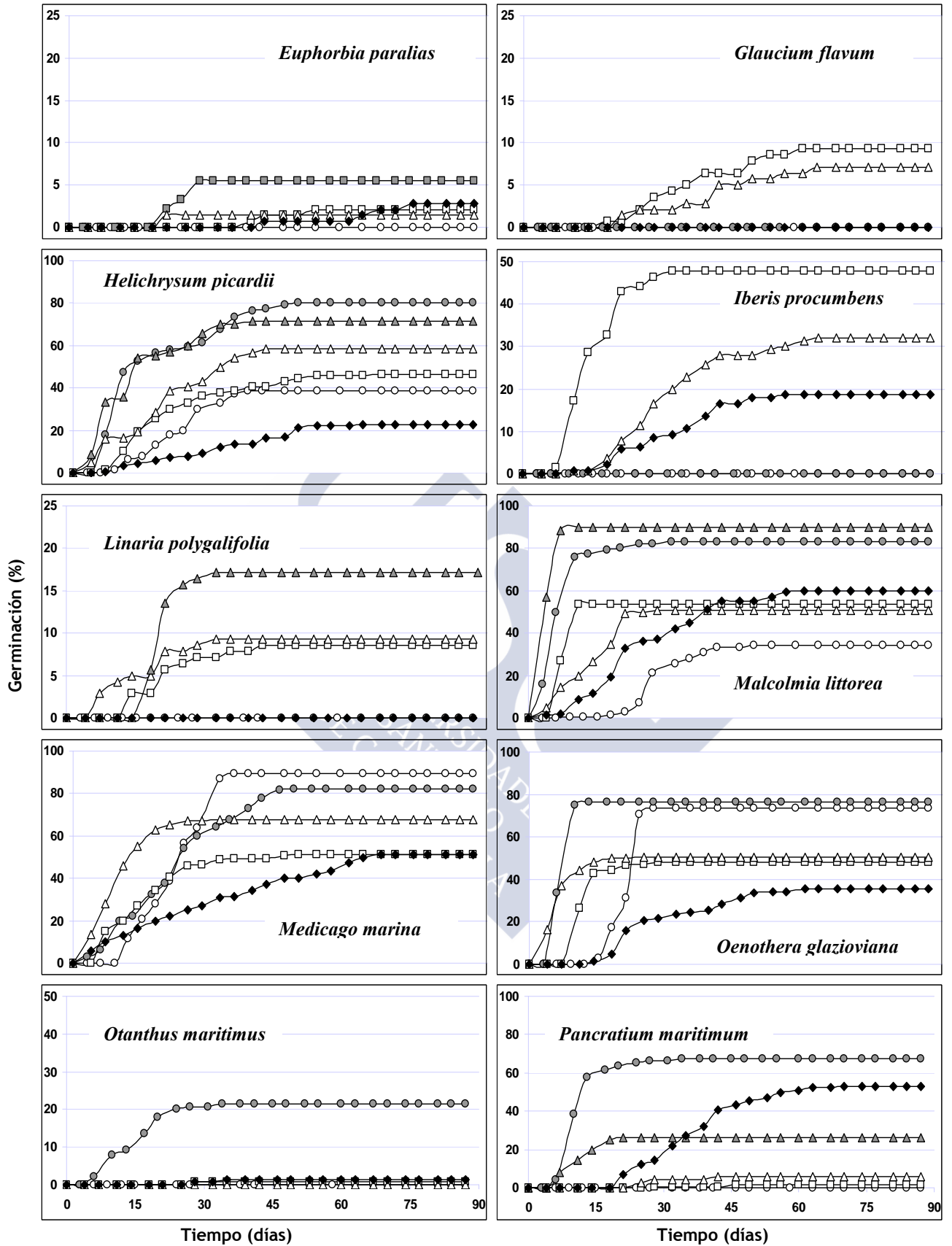


Figura 1.5. Dinámica de la germinación (véase pie completo al final)

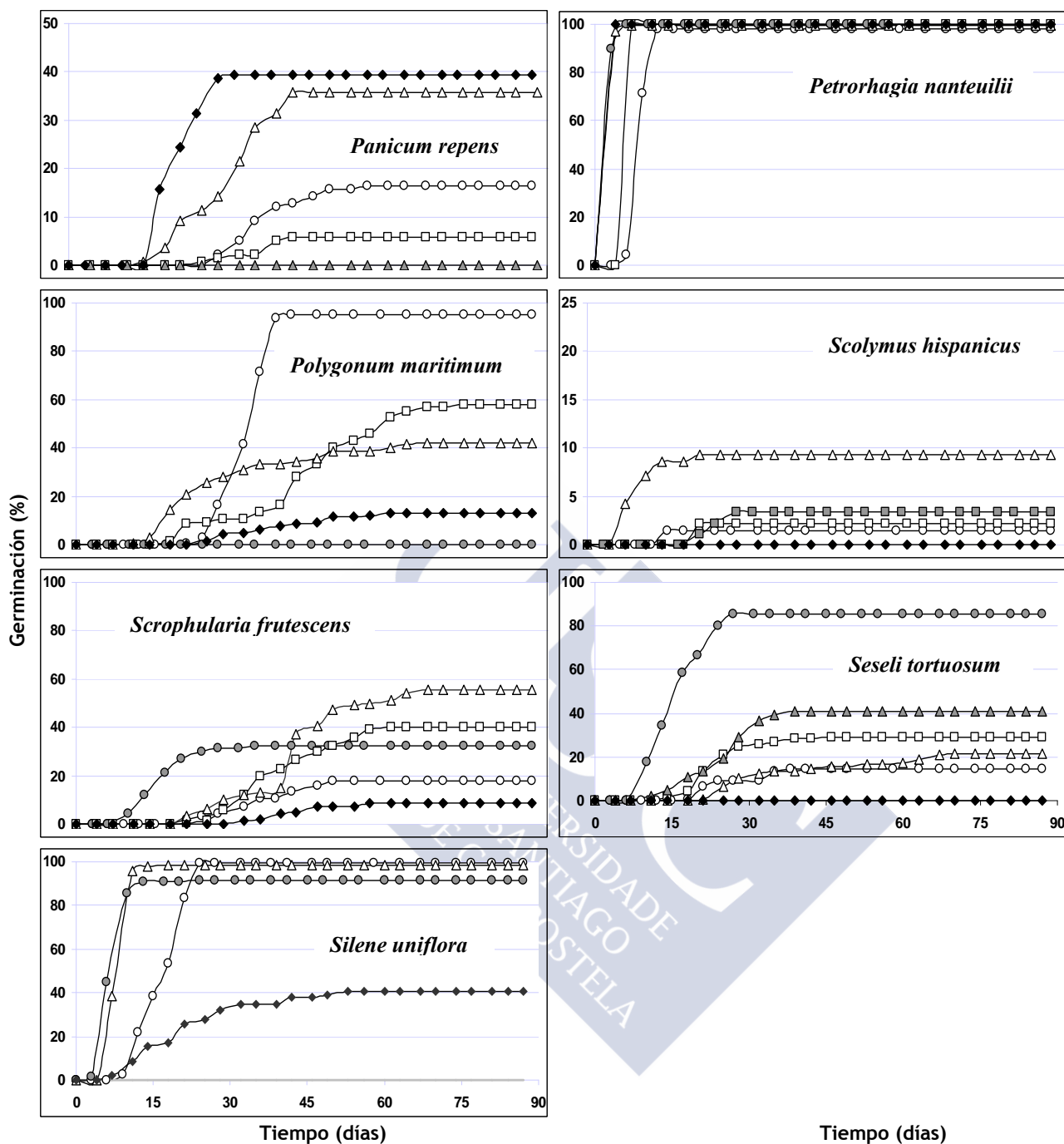


Figura 1.5. Dinámica de la germinación durante tres años consecutivos en fotoperiodo y oscuridad de veintisiete especies de flora litoral en las condiciones ambientales de su medio natural. La escala de los ejes Y (% de germinación) varía entre gráficas. Fotoperiodo primer año (○), oscuridad primer año (●), fotoperiodo segundo año (□), oscuridad segundo año (■), fotoperiodo tercer año (△), oscuridad tercer año (▲), almacenamiento a corto plazo (◆).

Petrorhagia nanteuilii presentó en fotoperiodo una germinación muy elevada, que se mantuvo en dicho nivel en oscuridad, sin presentar variabilidad interanual, de modo que no se apreciaron diferencias significativas ni en las condiciones de fotoperiodo/oscuridad, ni entre los años estudiados. De igual modo ocurre con el almacenamiento; la germinación se mantuvo en niveles similares, no existiendo diferencias significativas con el valor inicial.

La germinación de esta especie fue la más precoz entre las estudiadas, alcanzando un ritmo de germinación muy rápido, como indica su t_m próximo a una semana, pudiendo ser incluso menor, como ocurrió en condiciones de oscuridad donde se redujo hasta los tres días, difiriendo significativamente con las condiciones fotoperiodo. De igual modo ocurrió tras el almacenamiento, ya que desciende de modo significativo respecto al valor inicial, hasta los cuatro días.

Polygonum maritimum presentó un nivel de germinación muy elevado en condiciones de fotoperiodo, en contraste con la nula germinación en condiciones de oscuridad, reflejando la importancia de la luz en la germinación de esta especie. La variabilidad interanual fue alta, de tal modo que los tres años de estudio difieren entre sí de forma significativa. Con el almacenamiento la germinación se redujo drásticamente hasta niveles bajos, existiendo claras diferencias significativas con el valor inicial.

El ritmo de germinación fue lento, con t_m en la mayoría de los casos por encima del mes de tratamiento. Sin embargo, se aprecia una variación interanual, ya que puede ser aún más lento (en torno al mes y medio), existiendo diferencias significativas entre el primer y segundo año. Con el almacenamiento, se mantuvo, no existiendo diferencias significativas con el valor inicial.

Los niveles de germinación de *Silene uniflora* fueron igualmente muy elevados tanto en condiciones de fotoperiodo como de oscuridad, que no obstante difieren significativamente entre sí ya que en el segundo caso fueron algo menores. Dicho nivel tampoco presentó variabilidad interanual, y no se aprecian diferencias significativas en los dos años estudiados. Sin embargo, con el almacenamiento se aprecia un descenso significativo del nivel de germinación, que pasó a ser bajo.

Analizando los tiempos medios de germinación, se observa que fue rápida en fotoperiodo, con un t_m de unas dos semanas, y muy rápida en oscuridad, con t_m de una semana, difiriendo significativamente entre sí. El ritmo de germinación presenta variabilidad interanual, ya que el segundo año estudiado también fue muy rápido, con t_m próximo a una semana, difiriendo significativamente del primero. Tras el almacenamiento, disminuyó un poco, hasta un t_m de unas tres semanas, existiendo diferencias significativas con el valor inicial.

Especies con nivel de germinación elevado: las especies que presentaron un elevado porcentaje de germinación fueron: *Arctotheca calendula*, *Cakile maritima*, *Medicago marina* y *Oenothera glazioviana*.

Arctotheca calendula presentó una germinación elevada, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, con una tasa de germinación del 70 y 74% respectivamente. Es de destacar que en esta especie la germinación acumulada no se estabilizó a los sesenta días de ensayo, como

ocurrió en las demás especies, puesto que siguió aumentando su germinación hasta los noventa días (Tabla 1.1 Anexo). De este modo, al realizar el análisis Anova con ajuste Chi para sesenta días de tratamiento hemos encontrado diferencias significativas entre ambos tratamientos; mientras que al realizar dicho análisis tras noventa días de tratamiento no se apreciaron.

Los t_m de germinación en fotoperiodo y en oscuridad no difirieron entre sí. La germinación en el primer caso fue lenta, y en el segundo rápida, presentando una elevada variabilidad, por lo que no se observaron diferencias significativas entre ambos.

Cakile maritima presentó una germinación elevada tanto en fotoperiodo como en oscuridad, que no difirieron entre sí. Esta tasa de germinación se mantuvo elevada al estudiar la variabilidad interanual; a pesar de ello aunque el primer año analizado no difiere del segundo, sí lo hace del tercero, con germinación algo más baja. Con el almacenamiento tampoco se apreciaron diferencias significativas, manteniendo un nivel de germinación elevado.

Esta especie presentó una gran variabilidad en los datos del t_m de germinación, que difirieron entre sí en todos los tratamientos realizados, tanto en condiciones de luz como de oscuridad. Esta diferencia parece más notable a la vista de los datos entre las condiciones de oscuridad; con una germinación muy rápida (t_m menos de una semana) con respecto a las condiciones de fotoperiodo en los que se superó la semana, pudiendo ser algo más de una, dos o incluso tres semanas (muy rápida o rápida). Tras el almacenamiento se mantuvo un ritmo muy rápido de germinación (t_m una semana) sin diferencias significativas con el valor inicial.

Medicago marina presentó un nivel de germinación elevado en fotoperiodo que se mantuvo en oscuridad, no apreciándose diferencias significativas entre ambos. La variabilidad interanual reflejó diferencias significativas entre los tres años de estudio, ya que el nivel de germinación puede ser medio. Así mismo se apreció un descenso significativo del nivel de germinación tras el almacenamiento, que también resultó medio.

El ritmo de germinación fue similar tanto en fotoperiodo como en oscuridad (rápido, t_m tres semanas), pero difirió entre los distintos años de estudio, pudiendo ser muy rápido (t_m once días). Con el almacenamiento, descendió significativamente con respecto al valor inicial, llegando hasta un t_m de un mes.

El nivel de germinación de *Oenothera glazioviana* fue similar tanto en condiciones de luz como de oscuridad. Sin embargo, esta especie presentó variaciones significativas con los sucesivos años de estudio, en los que su nivel de germinación resultó medio, que no difirieron entre sí pero sí lo hacen respecto al primero. Con el almacenamiento el nivel de germinación se redujo significativamente con respecto al valor inicial, alcanzando un nivel bajo.

El ritmo de germinación de esta especie fue rápido (t_m tres semanas), apreciándose diferencias significativas con un descenso del t_m en condiciones de oscuridad, hasta un nivel muy rápido. La variación interanual, también presentó diferencias, descendiendo el t_m por debajo de las dos semanas (muy rápido), en los años de estudio sucesivos. Con el almacenamiento hubo un aumento significativo del t_m de germinación, hasta un mes.

Especies con nivel de germinación bajo: se obtuvieron bajos porcentajes de germinación para las siguientes especies: *Armeria pubigera*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Panicum repens*, *Scrophularia frutescens* y *Seseli tortuosum*

En *Armeria pubigera* el nivel de germinación en fotoperiodo fue bajo. Las condiciones de oscuridad parecen favorecer la germinación alcanzando un nivel medio que difirió significativamente con el de fotoperiodo. La variabilidad interanual de esta especie fue baja, no presentando diferencias significativas entre los tres años de estudio. Tras el almacenamiento, las semillas no presentaron germinación.

El tiempo medio de germinación de esta especie se corresponde con un ritmo rápido, estando por encima de las tres semanas, pero este dato varía mucho si lo comparamos con el obtenido bajo condiciones de oscuridad, muy rápido (t_m algo mayor de una semana), siendo significativamente diferentes el uno del otro. Estas diferencias también fueron patentes entre el primer año y los dos siguientes años de estudio, con germinación algo más rápida, pero no entre estos dos.

En *Elymus farctus* la germinación en fotoperiodo en el primer año estudiado resultó ser baja, menor que en oscuridad, que resultó elevada, resultando significativa la diferencia entre ambos.

Esta especie presentó variabilidad interanual puesto que en los otros dos años estudiados la germinación en fotoperiodo resultó elevada, siendo significativas las diferencias observadas con el primero, pero no entre sí. Con el almacenamiento el nivel de germinación se incrementó hasta un nivel elevado, difiriendo significativamente con el valor inicial.

El tiempo medio de germinación se corresponde con un ritmo rápido, entre dos y tres semanas, disminuyendo a dos en oscuridad, ambos tratamientos mostraron t_m significativamente diferentes. La variabilidad interanual mostrada para el nivel de germinación se trasladó también al tiempo medio de germinación en el que se apreciaron diferencias significativas entre dos de los tratamientos en fotoperiodo, con un ritmo rápido o muy rápido. Tras el periodo de almacenamiento las semillas no presentaron diferencias significativas con el valor inicial, manteniendo un ritmo rápido.

Helichrysum picardii presentó una germinación baja en fotoperiodo y elevada en oscuridad, lo que se ha verificado en ambas condiciones en dos años diferentes, resultando significativas las diferencias observadas entre dichas condiciones en los dos casos. En cuanto a la variabilidad interanual, los tres tratamientos en condiciones de fotoperiodo realizados con esta especie mostraron resultados bastante similares, manteniendo un nivel de germinación bajo o medio), apreciándose diferencias significativas entre el último año de estudio con los dos anteriores. Tras el almacenamiento el nivel de germinación decreció de forma significativa, manteniéndose en un nivel bajo..

El ritmo de germinación de esta especie fue rápido, pudiendo ser muy rápido en oscuridad, observándose en los dos años estudiados que los t_m de germinación en oscuridad fueron también más rápidos, por lo que no difieren entre sí, como tampoco difieren entre sí los tratamientos en condiciones de fotoperiodo. Tras el almacenamiento el ritmo de

germinación se ralentizó de modo significativo hasta valores de t_m por encima de un mes, que difirieron significativamente del inicial.

Malcolmia littorea presentó un bajo nivel de germinación en fotoperiodo, resultado que difirió significativamente con el elevado o muy elevado nivel de germinación que presentó en oscuridad, lo cual se ha verificado en ambas condiciones en dos años diferentes. Existió variabilidad interanual entre el primer año de estudio con los posteriores, en los que alcanzó un nivel medio, pero estos últimos no presentaron diferencias significativas entre sí para el nivel de germinación. Con el almacenamiento la germinación se incrementó hasta un nivel elevado que difirió significativamente con el valor inicial.

Esta especie presentó un ritmo de germinación rápido, con un t_m de casi un mes de media, que difirió significativamente al compararlo con el tiempo medio de germinación en oscuridad, que se corresponde con un ritmo muy rápido. Observamos que los t_m no difirieron entre sí para los dos tratamientos en oscuridad, manteniendo en ambos casos un ritmo de germinación muy rápido, con un t_m que puede llegar a ser inferior a una semana. Del mismo modo ocurre en los sucesivos años de estudio que no difirieron significativamente entre sí, mientras que sí lo hicieron con el primero, alcanzando un ritmo de germinación muy alto. El ritmo de germinación se mantuvo rápido tras el almacenamiento, no difiriendo con el valor inicial.

Panicum repens mostró un nivel de germinación bajo, mientras que en años siguientes se obtuvieron niveles de germinación diferentes, existiendo pues variabilidad interanual, con diferencias significativas entre ellos. En el tratamiento en oscuridad con semillas del tercer año de estudio no se obtuvo ninguna germinación. Con el almacenamiento la germinación se incrementó hasta casi un nivel medio que difiere significativamente con el valor inicial muy bajo, en consonancia con los datos del análisis de viabilidad de las semillas de segundo año que indican que ésta puede ser hasta muy elevada tras un año de almacenamiento.

Los dos primeros años de estudio mostraron un ritmo de germinación lento (t_m superior a cinco semanas de media), sin embargo difirieron significativamente del tercero, donde el t_m de germinación se reduce una semana con respecto a años anteriores. Con el almacenamiento el ritmo de germinación se aceleró, y el t_m se reduce de modo significativo, hasta tres semanas, con respecto al valor inicial.

En *Scrophularia frutescens* la germinación fue del 17,8% significativamente menor al obtenido en oscuridad (32,1%). Existió variabilidad interanual entre el primer año de estudio con los posteriores, pero estos últimos no presentaron diferencias significativas entre sí para el nivel de germinación (40 y 55,7% respectivamente). Con el almacenamiento, descendió el nivel de germinación hasta valores muy bajos, pero no se aprecian diferencias significativas con el valor inicial, posiblemente debido a la dispersión de datos que presenta.

Existieron diferencias significativas para los t_m de germinación entre las semillas sembradas en condiciones de fotoperiodo (ritmo lento) y las sembradas en condiciones de oscuridad (ritmo rápido), existiendo también diferencias significativas entre el primer año y el último. Con el almacenamiento el t_m de germinación aumentó hasta las seis semanas pero no se apreciaron diferencias significativas en el ritmo de germinación manteniéndose lento.

Seseli tortuosum presentó en fotoperiodo un nivel bajo de germinación (14,2%) que difirió significativamente con el tratamiento en oscuridad que puede alcanzar hasta un nivel elevado, lo cual se verificó en ambas condiciones en dos años diferentes. Existe variabilidad interanual entre el primer año de estudio con el segundo pero no con el tercero. Tras el almacenamiento las semillas no presentaron germinación.

En cuanto al tiempo medio de germinación, fue de cuatro semanas en fotoperiodo, el cual difirió significativamente con el tratamiento en oscuridad, más rápido, que fue algo superior a dos semanas. No se apreciaron diferencias significativas entre los tres años de estudio. El ritmo de germinación fue por lo tanto rápido para todos los tratamientos excepto para el último año de fotoperiodo que fue lento.

Especies con nivel de germinación muy bajo: se obtuvieron muy bajos porcentajes de germinación en dos especies: *Cistus salviifolius*, y *Scolymus hispanicus*.

En *Cistus salviifolius* se obtuvo un nivel de germinación en fotoperiodo del 10,7%. En oscuridad el nivel de germinación también fue bajo, no existiendo diferencias significativas con el de fotoperiodo. La variabilidad interanual de esta especie fue alta, ya que puede presentar un nivel medio, existiendo diferencias significativas entre los tres años de estudio. Con el almacenamiento se incrementó la germinación hasta un 24,2%, que difiere significativamente con el valor inicial. El análisis de viabilidad de las semillas reveló que presentan una viabilidad elevada tras dos años de almacenamiento.

Esta especie posee un ritmo de germinación rápido, no existiendo diferencias significativas en el tiempo medio de germinación entre luz y oscuridad, pero sí entre el primer año de estudio y el segundo, con un ritmo algo más rápido. También existen diferencias con respecto a las semillas que fueron almacenadas, que incrementan su tiempo medio de germinación por encima de un mes.

En lo que se refiere a *Scolymus hispanicus* el nivel de germinación mostrado por esta especie en fotoperiodo fue muy bajo. En años sucesivos este nivel de germinación se mantuvo muy bajo (2,4 y 9,3% respectivamente) pero existen diferencias significativas entre el último año de estudio y los anteriores. Al comparar el segundo año de estudio en fotoperiodo y oscuridad se observa que no existen diferencias significativas entre ambos. Las semillas de esta especie no mostraron germinación tras el almacenamiento. Este hecho se constató tras el análisis de las semillas que indican una viabilidad baja tras dos años de almacenamiento.

Las diferencias comentadas para el nivel de germinación también se trasladan para el t_m de germinación, ya que existieron diferencias significativas de nuevo entre el último año, con un ritmo de germinación muy rápido, con un t_m alrededor de una semana y media, con respecto a los dos anteriores, con t_m de dos semanas para el primer año y tres para el segundo. No existieron tampoco diferencias entre el t_m de germinación de las semillas del segundo año de estudio tanto en fotoperiodo como en oscuridad, manteniendo un ritmo de germinación rápido en ambas.

Especies con nivel de germinación nulo: No se obtuvo germinación en el primer año de estudio en *Crithmum maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus* y *Pancratium maritimum*. Además en

tres de las veintisiete especies que componen este estudio no se obtuvo germinación en ninguno de los tratamientos citados para los tres años de estudio: *Corema album*, *Daphne gnidium* y *Eryngium maritimum*

Crithmum maritimum no presentó germinación en fotoperiodo el primer año de estudio pero sí en los sucesivos años, que además difirieron significativamente entre sí, pudiendo llegar hasta un nivel bajo, con un 32% de germinación en el tercer año de estudio. En condiciones de oscuridad, con semillas del tercer año, no presentaron germinación. De igual modo, tras el almacenamiento las semillas tampoco presentaron germinación.

Para esta especie los tiempos medios de germinación en el segundo y tercer año no difirieron entre sí, mostrando un ritmo de germinación rápido en ambos tratamientos.

Euphorbia paralias no registró germinación el primer año de estudio, en los dos años posteriores se alcanza un porcentaje muy similar del 2,1 y 1,4% respectivamente no existiendo pues diferencias significativas entre ellos. Al comparar el segundo año de estudio en fotoperiodo y oscuridad se observó que tampoco existen diferencias significativas entre ambos. Con el almacenamiento el nivel de germinación siguió siendo muy bajo (0,7%), no obstante, el análisis de las semillas indica una viabilidad media tras dos años de almacenamiento.

Los tiempos medios de germinación del segundo y tercer año de estudio no difirieron entre sí, a pesar de no presentar varianzas iguales, posiblemente debido al escaso número de réplicas incluidas en cada análisis y a la dispersión de datos, sobre todo en el segundo año. De este modo el ritmo de germinación fue lento para el segundo año (t_m de más de un mes y medio) y rápido para el tercer año (t_m veinte días). Si comparamos los t_m de germinación de las semillas del segundo año de estudio, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, se observan diferencias significativas entre ellas, alcanzando un ritmo rápido en oscuridad.

En *Glaucium flavum* tanto en fotoperiodo como en oscuridad no se obtuvo inicialmente ninguna germinación. Sin embargo esta especie presentó variabilidad interanual y en los dos años sucesivos se obtuvo un 9 y un 7,1% respectivamente, niveles muy bajos que no difirieron significativamente entre sí. Las semillas de esta especie tampoco germinaron tras el almacenamiento.

El ritmo de germinación de esta especie fue lento en las condiciones estudiadas (t_m superior a los 35 días de media), observándose que los t_m de germinación no difieren entre sí.

En el caso de *Iberis procumbens*, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, no se obtuvo ninguna germinación. Sin embargo esta especie presentó una variabilidad interanual importante y en los dos años sucesivos se obtuvieron niveles bajos y medios, resultados que además fueron significativamente diferentes entre sí. Con el almacenamiento se incrementó la germinación, alcanzando un nivel bajo, con un porcentaje del 18,5%.

Los t_m de germinación difirieron entre sí en el segundo y tercer año de estudio, siendo el ritmo rápido en el segundo año y lento en el tercero.

Linaria polygalifolia presentó unos resultados parecidos a los de *Glaucium flavum*, si bien el primer año no se obtuvo ninguna germinación, en años posteriores sí se obtuvieron, 8% el segundo año y 9,3% el tercero, niveles bajos de germinación, apreciándose significativamente variabilidad interanual entre el primer año con los sucesivos, pero no entre estos últimos. En esta especie se realizó un tratamiento en oscuridad con semillas del tercer año de estudio obteniendo un incremento en la germinación hasta niveles bajos, existiendo diferencias significativas entre fotoperiodo y oscuridad. Tras el almacenamiento tampoco presentó germinación, hecho que contrasta con los resultados obtenidos en el test de viabilidad donde las semillas presentaron una viabilidad alta.

La germinación de esta especie fue muy rápida el último año de estudio (t_m de dos semanas de media), mientras que para el segundo año el ritmo fue algo más lento (t_m de tres semanas de media), observándose que los t_m de germinación no difieren entre sí.

Si bien *Otanthus maritimus* no germinó en condiciones de fotoperiodo, presentó un nivel de germinación bajo en condiciones de oscuridad (21,4%) existiendo pues diferencias significativas entre luz y oscuridad. Esta especie no presentó variabilidad interanual, presentando un 0,7% de germinación el segundo año y nula el tercero. Con el almacenamiento el nivel se mantuvo sin diferencias significativas en el 2,1% de germinación, sin embargo, el análisis de las semillas indica que presentan una viabilidad alta.

El tiempo medio de germinación de esta especie en oscuridad fue en torno a dos semanas, indica un ritmo muy rápido, y difiere significativamente del tiempo medio bajo condiciones de fotoperiodo que resultó de cuatro semanas.

Pancretium maritimum no presentó germinación el primer año de estudio. Sin embargo bajo condiciones de oscuridad se obtuvo un incremento en la germinación que puede ser elevada (67,1%), lo que se verificó en ambas condiciones dos años diferentes, existiendo diferencias significativas entre dichas condiciones en los dos casos. En los dos años posteriores bajo condiciones de fotoperiodo se alcanzó un porcentaje semejante del 1,4 y 5,7% respectivamente, muy bajo, existiendo diferencias significativas entre el primer y el último año de estudio. Con el almacenamiento la germinación aumentó de modo significativo hasta un nivel medio (50,7%).

Los t_m de los tratamientos en oscuridad no difirieron entre sí, alcanzando un ritmo de germinación muy rápido. El menor número de réplicas y la dispersión de los datos en el segundo año de estudio en fotoperiodo explicarían la ausencia de diferencias significativas para este tratamiento con respecto a los demás. Este segundo año presentó además un ritmo de germinación lento, con un t_m próximo al mes y medio, en contraste con el ritmo rápido del último año de estudio.

1. 4. DISCUSIÓN

1.4.1. Síntesis inicial de germinación

Las especies con **nivel de germinación muy elevado** (>90%); *Artemisia crithmifolia*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum* y *Silene uniflora*, son especies con elevado potencial germinativo en condiciones naturales, aunque presentan disparidad en los parámetros estudiados.

Su ritmo de germinación es rápido en general, aunque no existe un patrón fijo de respuesta ya que en el caso de *Petrorhagia nanteuilii* estamos ante la especie de germinación más precoz y *Polygonum maritimum* presenta un ritmo lento de germinación.

En este grupo se observa una respuesta dispar bajo condiciones de oscuridad; *Petrorhagia nanteuilii* muestra un comportamiento similar tanto en luz como en oscuridad, como *Silene uniflora*, ambas muestran unos niveles muy elevados, si bien la segunda presenta diferencias significativas entre luz y oscuridad. Sin embargo en el caso de *Artemisia crithmifolia* los resultados revelan que la luz estimula la germinación, pero las condiciones de oscuridad la reducen hasta niveles medios de germinación. Es en *Polygonum maritimum* en la que la oscuridad inhibe totalmente la germinación, quedando patente en esta especie la importancia de la luz para germinar.

Artemisia crithmifolia, *Petrorhagia nanteuilii* y *Silene uniflora* mantienen un nivel germinativo constante, no presentando variabilidad interanual; mientras que *Polygonum maritimum* presenta niveles de germinación variables bajo condiciones fotoperiodo a lo largo de los distintos años de estudio.

Con el almacenamiento a corto plazo de las semillas se aprecia de nuevo dos patrones de respuesta para las especies de este grupo, *Petrorhagia nanteuilii* y *Artemisia crithmifolia* mantienen los niveles de germinación exhibidos el primer año de estudio, por lo que sus semillas podrían mantener su capacidad germinativa en el suelo al menos dos años. Por otro lado, se aprecia un descenso significativo del nivel de germinación en *Silene uniflora*, y mayor aún en *Polygonum maritimum*, por lo que sus semillas conservarían cierta capacidad germinativa en el suelo.

A la vista de los datos, se deduce que *Petrorhagia nanteuilii* y *Silene uniflora* no muestran dormición en las condiciones ambientales experimentales de su propio hábitat. A pesar de que en el caso del género *Silene* algunos autores le atribuyen dormición fisiológica (Baskin & Baskin, 1998), es probable que el corto almacenamiento en seco inicial fuese suficiente para estimular su germinación, como apuntan los trabajos de Halward & Shaw (1996) para *Silene lanceolata*, en la que la mayoría de las semillas son no durmientes.

En el caso de *Artemisia crithmifolia* nuestros resultados relativos a la germinación en fotoperiodo y en oscuridad concuerdan con los autores que confieren a la luz un papel estimulante de su germinación en diferentes especies del género *Artemisia* (Önen, 1999; Huang *et al.*, 2000; Önen, 2006; Li *et al.*, 2012); la disminución de la germinación con el almacenamiento indica que posiblemente nos encontramos ante una especie que podría

presentar una dormición fisiológica, como propone Deitschman (1974). Diferentes especies de este género muestran variabilidad en la germinación entre poblaciones (Meyer & Monsen, 1991), lo que no se evidencia en nuestro estudio de la variabilidad interanual en la misma población.

En el caso de *Polygonum maritimum*, diferentes autores han indicado la importancia de la estratificación en frío para que las semillas de *Polygonum* spp. pierdan su latencia, atribuyéndole una dormición fisiológica, así como la prevalencia de las condiciones de luz frente a las de oscuridad para la germinación, como es nuestro caso (Staniforth & Cavers, 1979; Baskin & Baskin, 1998), señalando incluso que en algunas especies de este género la semilla podría entrar en latencia cuando se eleva la temperatura y sólo se rompería cuando baja (Courtney, 1968; Bouwmeester & Karssen, 1992, 1993), lo que podría explicar tanto la variabilidad en el nivel de germinación encontrada en diferentes años como con el almacenamiento a corto plazo. Proponemos para esta especie un tratamiento de escarificación manual y un tratamiento de estratificación en frío que ratifique lo dispuesto para el género.

Entre las semillas que germinaron con un **nivel de germinación elevado** (60 – 89%) se encuentran las de *Arctotheca calendula*, *Cakile maritima*, *Medicago marina* y *Oenothera glazioviana*. Todas presentan un ritmo de germinación rápido o muy rápido en fotoperiodo (a excepción de *Arctotheca calendula*, en la que es lento), que se mantiene en oscuridad e incluso en los distintos años de estudio, en los que a lo sumo se prolonga hasta las tres semanas de tiempo medio, mientras que en *Arctotheca calendula* nunca baja por debajo de las cuatro semanas, debido a su gradual germinación, que también ha detectado Torres (2011).

Podemos apreciar otra diferencia del comportamiento de estas tres especies con respecto a *Arctotheca calendula* ante las condiciones de oscuridad, ya que no existen diferencias significativas en el nivel de germinación entre fotoperiodo y oscuridad para *Cakile maritima*, *Medicago marina* y *Oenothera glazioviana*, mientras que en el caso de *Arctotheca calendula* las condiciones de oscuridad incrementan inicialmente la germinación; aunque a partir de noventa días de tratamiento los niveles de germinación no difieren entre sí. En el caso de *Cakile maritima* nuestros datos no concuerdan con lo dispuesto por Thanos *et al.*, (1994) que indican que la fotoinhibición de las semillas impide su germinación sobre la superficie del suelo/arena, mientras que cubiertas por suelo/arena (por tanto en oscuridad) podrían germinar.

Entre ellas, *Medicago marina* y *Oenothera glazioviana* presentan variabilidad interanual, pudiendo presentar un nivel elevado o medio de germinación, lo que se traduce en una respuesta variable de estas especies a lo largo de los tres años de estudio; mientras que las otras dos no. Se deduce por tanto que las dos primeras pueden presentar una proporción menor o mayor de semillas recién producidas no dispuestas a germinar, en algún estado de dormición, que podrían almacenarse en un banco de semillas en el suelo; mientras que en las dos últimas la mayoría de las semillas sí germinan, tanto en luz como en oscuridad, así como en años diferentes, sin manifestar dormición, por lo que previsiblemente no se almacenarían en el suelo.

Con el almacenamiento el nivel de germinación de *Medicago marina* y *Oenothera glazioviana* disminuye hasta niveles medios y bajos respectivamente, mientras que el de las

otras dos no, por lo que su posible dormición y almacenamiento en un banco de semillas en el suelo resulta coherente y similar a lo expuesto anteriormente.

Al considerar los resultados de *Medicago marina*, es conocida la dormición física que presentan las especies de la familia Leguminosae (Baskin & Baskin, 1998). El calor, la radiación IR y alternancia de temperaturas puede estar detrás de la ruptura de las cubiertas impermeables del género *Medicago* y la ruptura de su latencia (Quinlivan, 1971; Kolokol'tseva & Prokof'ev, 1974), mientras que otros autores hablan de escarificación ácida, (Swank, 1944) o escarificación manual para romper la dormición de la semilla, (Ehrmand & Cocks, 1996). Más recientemente Van Assche & Vandeloos (2010) encuentran en leguminosas herbáceas, alguna de ellas del género *Medicago*, dormición combinada, física y fisiológica no profunda que se aprecia a temperaturas ambientales elevadas pero no a temperaturas más bajas, y en esta misma línea Scippa *et al.*, (2011), en un estudio proteómico de la dormición de esta especie encuentran diferentes vías que regulan la ruptura de la dormición y su germinación; por lo que indican que pueden apreciarse diferencias en el nivel de semillas durmientes/no durmientes en esta especie, como ocurre en nuestro caso.

Entre las especies con **nivel de germinación bajo** (11-40% de germinación) encontramos a siete de ellas, *Armeria pubigera*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Panicum repens*, *Scrophularia frutescens* y *Seseli tortuosum*. En ellas existe un patrón de respuesta ante la germinación, ya que ésta fue siempre rápida bajo condiciones de fotoperiodo, excepto para dos especies *Panicum repens* y *Scrophularia frutescens* con un ritmo de germinación lento, con un t_m siempre superior a cinco semanas (excepto para el tercer año de estudio de *Panicum repens* donde fue de treinta días).

Todas las especies de este grupo incrementan su nivel de germinación bajo condiciones de oscuridad, salvo *Panicum repens*, que lo reduce. Además, se aprecia que en dichas condiciones el ritmo de germinación aumenta en todas ellas.

A pesar de estas similitudes existe una gran variabilidad interanual en el nivel de germinación en la mayoría de estas especies. Sólo *Armeria pubigera* presenta una respuesta estable en los tres años de estudio.

Tras el almacenamiento sólo *Scrophularia frutescens* no presenta cambios en el nivel de germinación, en el resto de especies si existen diferencias, aunque en algunos casos aumenta el nivel de germinación (*Elymus farctus*, *Malcolmia littorea* y *Panicum repens*), en otros disminuye (*Helichrysum picardii*), e incluso en el caso de especies como *Armeria pubigera* y *Seseli tortuosum* dicha disminución ocasiona que no haya germinación tras el periodo de almacenamiento. Estos resultados indican que casi todas mantienen un mayor o menor nivel de germinación tras almacenamiento a corto plazo, como podría ocurrir con las semillas en el suelo en su propio ambiente natural. En el caso de aquellas que no germinan, puede ser debido a la pérdida de viabilidad o bien a un cambio en el estado de dormición, que no se rompe en dichas condiciones, como sí ocurre con las semillas recientes; en este sentido, es conocida la necesidad de cambios ambientales, generalmente frío, para la ruptura de la dormición en diferentes especies de la familia Scrophulariaceae (Baskin *et al.*, 1993; Baskin & Baskin, 1998), así como de Poaceae, como *Elymus* sp. (Robocker *et al.*, 1953; Roundy *et al.*, 1985; Evans & Young 1983, Kaye, 1997, Baskin & Baskin, 1998), y en especies como

Malcolmia littorea (Baskin & Baskin, 1998), y *Helichrysum picardii* (Willis & Groves 1991; Martin *et al.*, 1995).

Entre las semillas con un **nivel de germinación muy bajo** ($\leq 10\%$ de germinación) encontramos dos especies; *Cistus salviifolius*, y *Scolymus hispanicus* cuyo comportamiento es bastante dispar. En lo que se refiere a su ritmo de germinación es rápido o muy rápido respectivamente. El nivel y el ritmo de germinación de *Cistus salviifolius* no presenta diferencias significativas entre las condiciones de fotoperiodo y oscuridad. Si analizamos la variabilidad interanual de estas especies, observamos que existe una respuesta variable a lo largo de los años de estudio en ambas, más apreciable en la primera. No ocurre así con la respuesta de estas semillas tras un periodo de almacenamiento: *S. hispanicus* no muestra germinación tras este periodo, mientras que *C. salviifolius* la incrementa significativamente.

Estos resultados indican que ambas especies presentan inicialmente una pequeña proporción de semillas dispuestas a germinar en las condiciones de su medio natural, tanto en luz como en oscuridad, y por lo tanto la mayoría de ellas podrían incorporarse al banco de semillas del suelo. Esta proporción puede ser algo más elevada, sobre todo en la primera de ellas, con variabilidad interanual, y tras almacenamiento a corto plazo; mientras que en la segunda prácticamente no varía en ambas condiciones. Todo ello resulta concordante con la presencia de dormición física en la primera de ellas (Thanos & Georghiou, 1988; Trabaud & Oustric, 1989), y al menos fisiológica en la segunda, como ha sido propuesto para otras especies del mismo género (Le Houérou, 1993; Soriano, 1992), y que debe ser verificada.

Las especies con **nivel de germinación nulo** son las más numerosas (*Corema album*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Euphorbia paralias*, *Eryngium maritimum*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus* y *Pancratium maritimum*). De ellas sólo *Otanthus maritimus* y *Pancratium maritimum* presentan germinación en oscuridad, quedando de manifiesto la importancia de estas condiciones en su germinación. Otras especies como *Euphorbia paralias* y *Linaria polygalifolia* también presenta germinación en oscuridad en sucesivos años de estudio, resultando incluso incrementada con respecto al nivel registrado en fotoperiodo de ese año. Existe también variabilidad interanual en la mayoría de estas especies a excepción de *Corema album*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, y *Otanthus maritimus*.

Las expectativas de formación de un banco de semillas en las condiciones de su medio natural estudiadas son heterogéneas en este grupo de especies. Tras el almacenamiento no se obtuvieron resultados de germinación en la mayoría de ellas, *Corema album*, *Linaria polygalifolia*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum* y *Glaucium flavum*; mientras que en dos se mantuvieron en niveles muy bajos (*Euphorbia paralias* y *Otanthus maritimus*) y únicamente dos especies aumentaron significativamente su nivel de germinación tras el almacenamiento (*Iberis procumbens* y *Pancratium maritimum*). Entre todas ellas, las que presentan niveles de germinación nulos o muy bajos, tanto en luz como en oscuridad, escasa variabilidad interanual y con el almacenamiento, podrán acumular una proporción muy elevada de semillas en el suelo; mientras que las que germinan más en oscuridad o presentan elevada variabilidad interanual o con el almacenamiento, dicha proporción será menor por uno u otro motivo. La mayoría de los trabajos realizados con *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum* y *Linaria polygalifolia* coinciden en la ruptura de la dormición a través de un pretratamiento en estratificación en frío, por lo que estimamos que la

dormición de estas especies sería vencida tras dicho pretratamiento; como es el caso de Thanos *et al.*, (1989) para *Glaucium flavum* o de Nadeau & King (1991) con trabajos de otras especies de *Linaria*. Baskin & Baskin (1990) atribuyen a las semillas de *Glaucium flavum* recién maduras dormición morfológica y morfofisiológica, mientras que *Euphorbia paralias* y *Linaria polygalifolia* podrían tener una dormición fisiológica.

En este grupo, *Otanthus maritimus* y *Pancratium maritimum* son dos especies que germinan en ausencia de luz. De este modo podemos ratificar lo expuesto por Keren & Evenari (1974), en cuanto a las condiciones de oscuridad como las más favorables para *Pancratium maritimum*. Para Thanos *et al.*, (1991) la fotoinhibición de las semillas de *Otanthus maritimus* impide la germinación sobre la superficie del suelo/arena, mientras que cubiertas por suelo/arena (por tanto en oscuridad) podrían germinar (Thanos *et al.*, 1994; Keren & Evenari, 1974). Queda patente la importancia del enterramiento en arena que sufren estas especies en condiciones naturales. A tenor de los resultados y datos bibliográficos estimamos que *Otanthus maritimus* podría poseer una dormición fisiológica, mientras que *Pancratium maritimum* presentaría dormición morfológica para Keren & Evenari (1974). En la dormición morfológica la latencia se debe a que el embrión es pequeño (subdesarrollado), para crecer necesita simplemente tiempo para alcanzar la talla y luego germinar (Baskin & Baskin, 2004). En *Pancratium maritimum* las cubiertas de la semilla restringen mecánicamente el crecimiento del embrión impidiendo así su germinación (Blumenthal *et al.*, 1986); así pues la germinación depende de que el embrión tenga el potencial de crecimiento suficiente para romper cubiertas de las semillas (Khan & Saminy, 1982); esto explicaría los niveles más elevados de germinación registrados tras el almacenamiento en esta especie.

Los resultados obtenidos para *Crithmum maritimum* son muy dispares, como se desprende del análisis estadístico con diferencias significativas entre todos los tratamientos realizados. Marchioni-Ortu & Bocchieri (1984) indican que el almacenamiento en seco a temperatura ambiente estimula la germinación en las semillas de esta especie y le atribuyen una dormición morfofisiológica, detectando también un predominio de la germinación en condiciones de fotoperiodo, lo cual concuerda con nuestros resultados obtenidos en oscuridad, donde la germinación es nula. Según Okusanya (1977) la estratificación en frío incrementa el rango para la germinación de las semillas de *Crithmum maritimum*. Para determinar si esta especie presenta dormición morfofisiológica como se indica en la bibliografía proponemos la realización de un tratamiento de estratificación en frío y un tratamiento de escarificación manual, sin que podamos abordar el estudio del desarrollo del embrión.

Las semillas de *Iberis procumbens* presentan una alta variabilidad interanual de la germinación, reflejando su capacidad para formar un banco de semillas estable. Sabemos que la familia Cruciferae presenta en la mayoría de los casos una dormición fisiológica (Baskin & Baskin, 1998), por lo que proponemos un tratamiento de estratificación fría para determinar la dormición de esta especie.

La diferente respuesta germinativa ante la presencia y ausencia de luz de las especies estudiadas está condicionada especialmente por el tipo de dormición de las semillas y su morfología. La importancia del tipo de fruto se hace patente en que las dos especies estudiadas que poseen fruto en drupa *Daphne gnidium* y *Corema album* también fueron dos de las tres especies de las que no se obtuvieron resultados de germinación. Los resultados del test de viabilidad atribuyen una viabilidad entre media y elevada a las semillas de *Daphne*

gnidium debido a la proporción de semillas vacías detectadas; parece existir por tanto una proporción de semillas con dormición, que se acumularán en el banco en el suelo. En el caso de *Corema album* la viabilidad de las semillas es baja, una pequeña proporción se podría acumular en el suelo, pero sus requerimientos para germinar parecen ser muy especiales. Es conocida la dependencia de ciertas aves en la dispersión de las semillas de estas dos especies por lo que deducimos el importante papel que deben desempeñar los ácidos gástricos de estas aves en la ruptura de la dormición de la semilla, especialmente en el caso de *Corema album* (Calviño-Cancela, 2005). La escarificación manual y ácida podría ser el tratamiento más adecuado para determinar la dormición de estas semillas, así como la estratificación en frío (Baskin *et al.*, 2002). Así podríamos intuir una dormición física o fisiológica para estas especies, aunque este hecho deberá ser confirmado.

Otra especie que no presenta germinación es *Eryngium maritimum*, cuyos resultados del test de viabilidad atribuyen una viabilidad media a sus semillas tras dos años de almacenamiento; dado que una tercera parte de la semillas pueden estar vacías, podría existir una cierta proporción de semillas con dormición, por lo que cabría esperar que se acumularan en el banco de semillas en el suelo. Según los trabajos de Walmsley & Davy (1997) las semillas de *Eryngium maritimum* germinan tras un tratamiento de estratificación en frío de dieciséis a diecinueve semanas a 20/10°C y con mayor actividad bajo condiciones de luz que de oscuridad. Sería preciso entonces realizar un tratamiento de estratificación en frío para esclarecer la dormición de esta especie.

1.4.2. Germinación en luz/oscuridad

La fotoinhibición en plantas de litoral está muy documentada en halófitos de arenas costeros mediterráneos, en especies como *Brassica tournefortii* Gouan, *Cakile maritima* Scop., *Allium stacticiforme* Sibth. & Sm., *Otanthus maritimus* (L.) Hoffmanns & Link y *Mattiola tricuspidata* (L.) R. Br. (Thanos *et al.*, 1991, 1994), así como en otros ambientes mediterráneos (Bell *et al.*, 1995), reflejando que para que la germinación tenga lugar se requiere una considerable atenuación de la luz natural, condición que se cumple cuando las semillas se entierran, y además, las semillas no solamente germinan rápidamente en oscuridad, sino que la luz inhibe claramente la germinación, evitando así las condiciones menos favorables de dicho ambiente mediterráneo; lo que se denomina síndrome fisiológico de la germinación de una típica planta mediterránea (Thanos *et al.*, 1991, 1994). Al analizar dicha fotoinhibición en las diferentes condiciones de luz y temperatura que se dan en ambiente mediterráneo a lo largo del año, ésta se manifiesta siempre en todas ellas, aunque tanto el nivel de germinación como las diferencias respecto a la germinación en condiciones de luz pueden variar (Thanos *et al.*, 1991; Del Vecchio, 2012).

En nuestro estudio las semillas han sido puestas a germinar en condiciones de primavera, muy favorables para su germinación, de hecho en condiciones similares en los estudios anteriormente citados se han obtenido los máximos niveles de germinación; resultando que en nueve de las especies estudiadas (*Armeria pubigera*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Linaria polygalifolia*, *Malcolmia littorea*, *Otanthus maritimus*, *Pancretium maritimum*, *Scrophularia frutescens* y *Seseli tortuosum*,) la germinación en oscuridad es significativamente mayor que en luz (entre ellas, en casi todas (siete) el nivel de germinación alcanzado es claramente diferente entre ambas condiciones); mientras que en tres de ellas al contrario, la germinación en condiciones de luz es mayor que en oscuridad

(*Artemisia crithmifolia*, *Panicum repens* y *Polygonum maritimum*), y en otras siete la germinación es similar en ambas condiciones (*Arctotheca calendula*, *Cakile maritima*, *Cistus salviifolius*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Silene uniflora*), como ocurre también en las ocho restantes que presentan una germinación muy baja o nula en ambas condiciones (*Corema album*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens* y *Scolymus hispanicus*) (Tabla 1.1 del anexo estadístico). Es de señalar que las especies que presentan mayor nivel de germinación en oscuridad se citan como características de varios de los hábitats estudiados (Guitián, 1989; Izco, *et al.*, 1993; Izco & Sánchez, 1996).

Entre las especies estudiadas, solamente dos aparecen referenciadas en los estudios mencionados anteriormente, *Cakile maritima* y *Otathus maritimus*, la primera no presenta fotoinhibición en nuestro caso, y la segunda sí, coincidiendo con dichos estudios. Thanos *et al.* (1991) no han podido caracterizar estas especies en cuanto a la curva germinación vs. temperatura, al no conseguir su germinación, por lo que indican la posibilidad de realizar un tratamiento de estratificación de las semillas para conseguirlo; mientras que en nuestro caso los niveles de germinación obtenidos son elevados en la primera, tanto en luz como en oscuridad, y muy bajos y bajos respectivamente en la segunda. Por lo tanto, la germinación de las semillas de *Cakile maritima* en las poblaciones atlánticas estudiadas por nosotros difieren claramente, tanto en el nivel como en la respuesta a la luz/oscuridad, de las mediterráneas estudiadas por los mencionados autores; posiblemente su característica de planta anual, de obligada reproducción sexual de generación en generación, favorece la variabilidad de su respuesta germinativa.

Los mismos autores (Thanos *et al.*, 1991) consideran que la promoción por la luz de la germinación en plantas de litoral puede estar motivada por condiciones climáticas diferentes de las mediterráneas, como es el caso de climas templados, más fríos y húmedos; mientras que otros (Khan & Ungar, 1997) han planteado la hipótesis de que dicho requerimiento de luz represente una estrategia ecológica de supervivencia en entornos muy competitivos, como es el caso, evitando la instalación de nuevos individuos bajo cubierta vegetal en la que las plantas ya desarrolladas podrían limitar su establecimiento.

Las dos estrategias descritas, la de fotoinhibición, bien representada, y la de estimulación por la luz, menos representada, están presentes en la flora de litoral estudiada; pero además un importante número de especies (quince) no manifiestan ninguna de dichas respuestas, presentando un cierto nivel de germinación similar en ambas condiciones, o bien una germinación nula en las mismas.

En este último grupo, las especies con un cierto nivel de germinación, similar en luz que en oscuridad, presentan una germinación elevada o muy elevada y la mayoría de ellas son anuales (*Arctotheca calendula*, *Cakile maritima*, *Oenothera glazioviana*, *Petrorhagia nanteuilii*); lo que puede reflejar en todas ellas una respuesta germinativa “no preventiva” respecto a este factor, según la cual cuando las condiciones son favorables germinarán tanto en la superficie como a cierta profundidad del suelo, en áreas abiertas o bajo la vegetación.

Y en las especies con germinación muy baja o nula en ambas condiciones, su respuesta germinativa es la prevención total de la germinación, presentando posiblemente

diferentes tipos de dormición, característica muy representada en la flora de playas, acantilados costeros y frentes dunares (Baskin & Baskin, 1998).

Por lo tanto, en la flora de litoral analizada, está representado, tanto el mecanismo preventivo de establecimiento de nuevas plantas en condiciones de máxima luminosidad (Thanos *et al.*, 1991), como el que lo favorece evitando la competencia tanto con nuevas plántulas como con la vegetación existente (Khan & Ungar, 1997); pero además se ha detectado en las especies anuales una estrategia no preventiva de la germinación, en luz y en oscuridad, así como la prevención total (dormición) característica bien conocida de dicha flora (Baskin & Baskin, 1998).

1.4.3. Nivel de germinación y dormición

Casi la mitad de las especies estudiadas presentan niveles de germinación muy elevados o elevados, bien en luz, o en oscuridad o en ambas condiciones; mientras que la otra mitad presentan niveles medios, bajos, muy bajos o incluso nulos en dichas condiciones.

En relación con la dormición de las semillas, aquellas especies con alto nivel de germinación en un amplio rango de condiciones (por ejemplo temperatura), sin ningún pretratamiento pueden ser consideradas no durmientes (Baskin & Baskin, 2004, Necajeva & Ievinsh, 2008). Este podría ser el caso de trece de las especies estudiadas, con germinación muy elevada o elevada en las condiciones de primavera en su propio medio natural (*Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Pancratium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum*, *Seseli tortuosum*, *Silene uniflora*), cinco de ellas con máximos niveles de germinación en condiciones de oscuridad, dos en luz y las seis restantes en ambas condiciones. Entre ellas, las seis que alcanzan elevados o muy elevados niveles de germinación tanto en luz como en oscuridad (*Arctotheca calendula*, *Cakile maritima*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Silene uniflora*) serían los casos más claros de semillas no durmientes, que por consiguiente no se almacenarían en un banco en el suelo; como también podría ser el caso de las cinco que presentan los máximos niveles de germinación en oscuridad (*Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Pancratium maritimum*, *Seseli tortuosum*), en cuyo caso la luz inhibe en mayor o menor medida la germinación, evitando que ocurra en condiciones de máxima luminosidad y sequía (verano); mientras que en las dos restantes, que presentan máximos niveles de germinación en luz (*Artemisia crithmifolia* y *Polygonum maritimum*), una pequeña o elevada proporción de semillas respectivamente, con el enterramiento, podrían acumularse en el suelo. Se requiere la realización de nuevos estudios de germinación, en el sentido de Baskin & Baskin (2004) para verificar esta propuesta sobre la dormición de las semillas, así como un estudio más detallado de la misma.

La mayoría de estas especies muestran que su comportamiento germinativo, en relación con el nivel de germinación obtenido inicialmente, es una característica constante (es homogéneo), estable, de las mismas, como se deduce del análisis de la variabilidad interanual en la germinación; por lo que su menor o mayor almacenamiento en un banco de semillas en el suelo también podría serlo. No obstante, seis de ellas presentan cambios apreciables, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana* y *Polygonum maritimum*, dentro del grupo de germinación muy elevada o elevada y similar en luz y en oscuridad, que puede presentar

niveles algo más bajos, especialmente la tercera de ellas, y *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea* y *Seseli tortuosum*, con germinación en oscuridad elevada o muy elevada y más baja en luz, que pueden presentar valores elevados o medios en esta condición; por lo que su posible almacenamiento en un banco de semillas en el suelo podría variar.

El resto de las especies estudiadas (catorce) (*Armeria pubigera*, *Cistus salviifolius*, *Crithmum maritimum*, *Corema album*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus*, *Panicum repens*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*) presentan en las condiciones de primavera de su propio ambiente, favorables para su germinación, niveles máximos de germinación medios, bajos, muy bajos, o incluso nulos, todos ellos inferiores a su nivel de viabilidad, por lo que pueden presentar una cierta proporción de semillas durmientes, que se pueden almacenar durante más o menos tiempo en un banco de semillas. Entre las especies mencionadas, respuestas germinativas similares han sido encontradas en *Eryngium maritimum* por Curie *et al.*, (2007). Además, información concordante con la propuesta en cuanto a banco de semillas ha sido encontrada en *Glaucium flavum* por Solàs *et al.*, (2004).

La mayoría de las especies de este grupo (*Armeria pubigera*, *Corema album*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*) muestran también un comportamiento germinativo homogéneo, estable, por lo que también puede serlo la proporción de semillas durmientes en el banco. En efecto, no se aprecia ninguna variabilidad interanual en seis de ellas (*Armeria pubigera*, *Corema album*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias* y *Otanthus maritimus*); mientras que las dos restantes (*Glaucium flavum* y *Scolymus hispanicus*) pueden presentar una cierta variabilidad, de niveles nulo a muy bajo. Por el contrario, las seis especies restantes de este grupo muestran variabilidad interanual (*Cistus salviifolius*, *Crithmum maritimum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Panicum repens* y *Scrophularia frutescens*), con una variación en la germinación desde niveles muy bajos o bajos hasta niveles medios.

Por lo tanto, la mitad de las especies estudiadas presentan una respuesta germinativa homogénea, estable, sin variabilidad interanual en el nivel de germinación, o con una variabilidad muy escasa, independientemente de su nivel de germinación; mientras que la otra mitad (trece) presentan una respuesta heterogénea, representada también en todos los niveles de germinación establecidos.

Las variaciones interanuales en el nivel de germinación son raramente objeto de estudio (Fenner, 1991; Beckstead *et al.*, 1996; Martin & Puech, 2001; Herranz *et al.*, 2010), a pesar de su interés para conseguir una adecuada caracterización del nivel de germinación de una especie (Andersson & Milberg, 1998), puesto que tanto pueden reflejar una adaptación local como representar una estrategia germinativa reguladora de la densidad de la población, mecanismo especialmente efectivo en especies anuales de ambientes extremos (Tielbörger & Valleriani, 2005). Cuando dicha variabilidad se interpreta como una adaptación fenotípica local, se relaciona con la variación de factores ambientales o genéticos (Meyer *et al.*, 1989), de tal forma que variaciones en la precipitación y temperatura durante la maduración de las semillas pueden ser determinantes del nivel de germinación obtenido (Herranz *et al.*, 2010). Además, según Beckstead *et al.* (1996), el grado de variación entre años mostró una vaga relación con el hábitat, de modo que en ambientes extremos y predecibles se puede producir

selección de esta característica, que resulta menos variable; mientras que dicha variabilidad (flexibilidad en la germinación) puede representar una importante estrategia de supervivencia para las especies de ambientes menos predecibles (Gutterman, 1994; Giménez-Benavides *et al.*, 2005).

En nuestro caso las dos estrategias de germinación en relación con la variabilidad interanual (homogénea/heterogénea) están bien representadas, especialmente entre las especies perennes, puesto que en las anuales estudiadas únicamente se ha encontrado la primera de ellas, mostrando así la ausencia de una estrategia específica germinativa en la flora de arenales atlánticos costeros, como también sucede en otros habitats extremos (Gutterman, 1994; Körner, 1999).

1.4.4. Germinación con el almacenamiento a corto plazo

Con el almacenamiento, quince especies modifican su respuesta germinativa de una u otra forma, ya que en seis de ellas se incrementa (*Cistus salviifolius*, *Elymus farctus*, *Iberis procumbens*, *Malcomia littorea*, *Pancratium maritimum*, *Panicum repens*), la mayoría con nivel de germinación bajo, muy bajo o nulo, y en nueve disminuye (*Armeria pubigera*, *Artemisia crithmifolia*, *Helichrysum picardii*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Polygonum maritimum*, *Scrophularia frutescens*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*), la mayoría con nivel de germinación elevado o muy elevado; mientras que el resto de las especies no la modifican (*Cakile maritima*, *Crithmum maritimum*, *Corema album*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus*, *Petrorhagia nanteuillii* y *Scolymus hispanicus*), tres de ellas con germinación elevada o muy elevada, y la mayoría con germinación muy baja o nula (Tabla 1.5 del anexo estadístico).

Los incrementos en la germinación de las semillas con su edad, especialmente si se almacenan en oscuridad, están relacionados con su tipo de dormición, particularmente con la dormición fisiológica no profunda, común en halófitos (Baskin & Baskin, 1998). Entre las especies que incrementan su nivel de germinación, esta respuesta puede interpretarse por lo tanto como un cambio en su nivel o en su estado de dormición, que puede ocurrir en su propio medio tras un cierto periodo de almacenamiento en el suelo, como es el caso de tres de ellas, con germinación inicial similar en luz y oscuridad, (*Cistus salviifolius*, *Iberis procumbens* y *Panicum repens*), así como de las tres restantes, con un mayor nivel de germinación inicial en condiciones de oscuridad, condiciones que parecen resultar compensadas con el almacenamiento, tras el cual se obtiene un nivel similar o superior al del fotoperiodo inicial (*Elymus farctus*, *Malcomia littorea*, *Pancratium maritimum*).

Una tendencia contraria en cuanto a la dormición pueden presentar las nueve especies que reducen su nivel de germinación, sin descartar una pérdida de viabilidad de las semillas, lo que debe ser aclarado. En dos de ellas (*Artemisia crithmifolia* y *Polygonum maritimum*) esta tendencia de variación resulta comparable a la obtenida inicialmente en oscuridad, por lo que su almacenamiento en el suelo puede producir una reducción de su potencialidad germinativa en condiciones de exposición a la luz; mientras que en las siete restantes, no lo es, ya que la germinación se reduce tanto en las que se obtienen niveles similares en fotoperiodo y oscuridad (*Medicago marina*, *Oenothera glazioviana* y *Silene uniflora*), como en las que germinan más en oscuridad (*Armeria pubigera*, *Helichrysum picardii*,

Scrophularia frutescens y *Seseli tortuosum*). Es de señalar que entre todas ellas, solamente en dos (*Armeria pubigera* y *Seseli tortuosum*) se produce una reducción total de la germinación.

El resto de las especies estudiadas, doce, no modifican su germinación con el almacenamiento, entre ellas solamente dos (*Cakile maritima*, *Petrorhagia nanteuillii*) presenta un nivel de germinación inicial muy elevado, mientras que en las otras diez (*Corema album*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus*, *Scolymus hispanicus* y *Seseli tortuosum*) es muy bajo o nulo, por lo que posiblemente no se modifica su estado de dormición.

En el caso de las especies que reducen la germinación con el almacenamiento, o la mantienen en niveles muy bajos o nulos, es posible también que se produzca una cierta reducción de la viabilidad de las semillas; lo que no debe ser descartado. En este sentido, nuestro estudio con estimuladores de la germinación de las semillas almacenadas muestra que ésta resulta nula en casi todas ellas, incluso cuando los niveles de germinación obtenidos tras almacenamiento resultaron muy bajos. Si los tratamientos que inicialmente incrementan la germinación, que analizaremos en el siguiente capítulo, no lo hacen en las semillas almacenadas, incluso cuando tras almacenamiento conservan cierto nivel de germinación, como es el caso de *Iberis procumbens*, *Polygonum maritimum* y *Scrophularia frutescens*, lo que podría haberse producido es un cambio en el tipo de dormición de las semillas, lo que sabemos que es posible y que resulta de especial complejidad en flora de litoral (Baskin & Baskin, 1998); y por lo tanto su germinación no requerirá entonces condiciones similares a las de las semillas recién producidas, aspecto que debe ser clarificado.

1.4.5. Ritmo de germinación

En cuanto al ritmo de germinación inicial, entre las especies que han germinado, la mayoría (once especies) lo presentan de tipo rápido (t_m entre quince y treinta días), mientras que unas pocas (cuatro especies) lo presentan lento, y solamente dos muy rápido; indicando que para la mayor parte de las especies, independientemente de su nivel de germinación, se requiere una cierta duración de condiciones adecuadas para que la germinación tenga lugar (Tabla 1.2 a la 1.4 del anexo).

Son numerosas las diferencias significativas del tiempo medio de germinación inicial en condiciones de fotoperiodo, tanto con el de oscuridad, como con el de años diferentes o tras almacenamiento a corto plazo. En el primero de los casos, son seis (*Armeria pubigera*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Scrophularia frutescens*, *Seseli tortuosum*) las especies en las que, al incrementarse el nivel de germinación en oscuridad también se incrementa su ritmo, reduciéndose t_m , o bien que cuando se reduce el nivel de germinación también lo hace el ritmo (*Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*); incluso cuando el nivel no varía, sí puede hacerlo el ritmo (*Oenothera glazioviana*, *Petrorhagia nanteuillii*, *Silene uniflora*).

En el segundo caso (variabilidad interanual en el nivel de germinación) ocurre algo similar puesto que el tiempo medio de germinación se incrementa, no se modifica o más raramente disminuye sin que se observe una tendencia clara ya que se modifica cuando se produce dicha variabilidad (incrementándose por ejemplo en *Medicago marina* y *Oenothera glazioviana* en las que el nivel se reduce y en *Scrophularia frutescens* cuyo nivel también se

incrementa), pero también puede no modificarse con la misma, como ocurre en *Polygonum maritimum*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii* y *Seseli tortuosum* cuyo nivel se incrementa), o incluso variar sin que lo haga el nivel, como ocurre en *Artemisia crithmifolia*, *Pancreatium maritimum*, *Silene uniflora*, *Armeria pubigera* y *Euphorbia paralias*, en las que también se incrementa, y en *Cakile marítima* en la que disminuye).

Y en el tercer caso (con el almacenamiento), en aquellas especies que han germinado, el ritmo de germinación se incrementa, reduciéndose t_m , cuando también lo hace el nivel (*Cistus salviifolius*, *Panicum repens*), se reduce cuanto también lo hace el nivel (*Helichrysum picardii*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Silene uniflora*), o bien se mantiene, tanto si el nivel se incrementa (*Elymus farctus*, *Malcolmia littorea*), como si se reduce (*Artemisia crithmifolia*, *Polygonum maritimum*, *Scrophularia frutescens*) o se ralentiza aumentando t_m .

Es de señalar que las diferencias en el tiempo medio de germinación se corresponden en casi todas las especies con cambios entre niveles próximos de dicha variable (ritmo rápido-muy rápido, rápido-lento...), de menor magnitud que los encontrados en el nivel de germinación. Estos cambios requieren un análisis más amplio y detallado dado el interés predictivo que pueden tener, por ejemplo en programas de restauración de hábitats. En este sentido es de señalar que la principal fuente de variabilidad de las semillas en cuanto al ritmo de germinación son las condiciones de formación de las semillas, entre ellas las climáticas (Andersson & Milberg, 1998), pero también se ha demostrado su relación con el nivel de dormición de las semillas (Baskin & Baskin, 1985; Gardarin *et al.*, 2011), variabilidad que también puede haberse producido en nuestro estudio; así como con características más intrínsecas de las semillas de cada especie que pueden explicar diferencias interespecíficas en el ritmo de germinación, con las características de cada especie, como el contenido en lípidos de las semillas, o la relación área/masa (Gardarin *et al.*, 2011). Y además, la variabilidad detectada en el ritmo de germinación contribuye, como se ha señalado en cuanto al nivel, a la ausencia de una estrategia específica germinativa en la flora de arenales atlánticos costeros, como también sucede en otros hábitats extremos (Gutterman, 1994; Körner, 1999).

1.4.6. Conclusiones

1. En la flora de litoral analizada, están representados, tanto el mecanismo preventivo de establecimiento de nuevas plantas en condiciones de máxima luminosidad, como el que lo favorece evitando la competencia tanto con nuevas plántulas como con la vegetación existente, menos representado; pero además se ha detectado en las especies anuales una estrategia no preventiva de la germinación, en luz y en oscuridad, así como la prevención total (no germinación inicial) en su propio medio natural.
2. Casi la mitad de las especies estudiadas presentan, en su propio medio, niveles de germinación muy elevados o elevados, bien en luz, o en oscuridad o en ambas condiciones; mientras que la otra mitad presentan niveles medios, bajos, muy bajos o incluso nulos en dichas condiciones; por lo que diferentes niveles de dormición o incluso ausencia de dormición pueden ser característicos de la flora estudiada.

3. En relación con la variabilidad interanual de la germinación, nuevamente la mitad de las especies estudiadas presentan una respuesta germinativa homogénea, estable, sin variabilidad interanual en el nivel de germinación, o con una variabilidad muy escasa, independientemente del mismo; mientras que en la otra mitad dicha respuesta es heterogénea, y está representada también en todos los niveles de germinación establecidos.
4. Con el almacenamiento a corto plazo algo más de la mitad de las especies modifican su respuesta germinativa, incrementándose en seis de ellas, la mayoría con nivel de germinación bajo, muy bajo o nulo, y disminuyendo en nueve, la mayoría con nivel de germinación elevado o muy elevado; mientras que las doce restantes no la modifican, la mayoría con germinación muy baja o nula.
5. Respecto al tiempo medio de germinación, en la mayoría de las especies se corresponde con un ritmo rápido o muy rápido, con variación, tanto entre fotoperiodo y oscuridad, como en años diferentes o tras almacenamiento a corto plazo; si bien no se observa una tendencia clara en la misma y además estos cambios se producen entre niveles próximos de dicha variable, menos relevantes que los encontrados en el nivel de germinación.
6. La variabilidad en el nivel de germinación y en el t_m de germinación que presenta la flora de litoral estudiada muestra la ausencia de una única estrategia específica germinativa en estos hábitats, como también se ha puesto de manifiesto en otros hábitats extremos.

1.5. BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSSON, L. P.; MILBERG, P. (1998). Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. *Seed Science Research*, 8(1): 29–38.
- BALESTRI, E.; CINELLI, F. (2004). Germination and early-seedling establishment capacity of *Pancratium maritimum* L.(Amaryllidaceae) on coastal dunes in the North-Western Mediterranean. *Journal of Coastal Research*, 20(3): 761–770.
- BARBOUR, M. G. (1970). Germination and early growth of the strand plant *Cakile maritima*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 97(1):13-22.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. (1985). The annual dormancy cycle in buried weed seeds: a continuum. *BioScience*. 35(8): 492-498.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1990). Germination ecophysiology of seeds of the winter annual *Chaerophyllum tainturieri*: A new type of morphophysiological dormancy. *Journal of Ecology*, 78(4): 993-1004.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; LECK, M. A. (1993). After ripening pattern during cold stratification of achenes of ten perennial Asteraceae from Eastern North America and evolutionary implication. *Plant Species Biology*, 8(1): 61-65.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1998). *Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. San Diego.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1): 1–16.
- BASKIN, C.; BASKIN J.; YOSHINAGA, A.; THOMPSON, K. (2005). Germination of drupelets in multi-seeded drupas of the shrub *Leptecophylla tameiameiae* (Ericaceae) from Hawaii: a case for deep physiological dormancy broken by high temperatures. *Seed Science Research*, 15: 349–356.
- BASKIN, C. C.; ZACKRISSON, O.; BASKIN, J. M. (2002). Role of warm stratification in promoting germination of seeds of *Empetrum hermaphroditum* (Empetraceae), a circumboreal species with a stony endocarp. *American Journal of Botany*, 89(3):486-493.
- BECKSTEAD, J.; MEYER, S.; ALLEN, P. (1996). *Bromus tectorum* seed germination: between-population and between-year variation. *Canadian Journal of Botany*, 74(6): 875-882.
- BELL, D. T.; ROKICH, D. P.; MCCHESENEY, C. J.; PLUMMER, J. A. (1995). Effects of temperature, light and gibberellic acid on the germination of seeds of 43 species native to Western Australia. *Journal of Vegetation Science*, 6(6): 797-806.
- BLUMENTHAL, A.; LERNER, H. R.; WERKER, E.; POLJAKOFF-MAYBER (1986). Germination preventing mechanisms in seeds. *Annals of Botany*, 58(4): 551-562.

- BOUWMEESTER, H. J.; KARSSSEN, C. M. (1992). The dual role of temperature in the regulation of the seasonal changes in dormancy and germination of seeds of *Polygonum persicaria*. *Oecologia*, 90: 88-94.
- BOUWMEESTER, H. J.; KARSSSEN, C. M. (1993). Annual changes in dormancy and germination in seeds of *Sisymbrium officinale* (L) Scop. *New Phytologist*, 124(1): 179-191.
- BOOJH, R.; RAMAKRISHNAN, P. S. (1982). Growth strategy of trees related to successional status. I. Architecture and extension growth. *Forest Ecology and Management*, 4(4): 359-374.
- CALVIÑO-CANCELA, M. (2005). Fruit consumers and seed dispersers of the rare shrub *Corema album*, Empetraceae in coastal sand dunes. *Revue d'Ecologie-la Terre et la Vie*, 60(2): 97-106.
- CASTROVIEJO, S.; AEDO, M.; LAÍNIZ, R.; MORALES, F.; MUÑOZ-GARMENDIA, G.; NIETO FELINER, E.; PAIVA, J. (Eds). (1986-2011). *Flora Ibérica*. CSIC. Madrid.
- COURTNEY, A. D. (1968). Seed dormancy and field emergence in *Polygonum aviculare*. *Journal of Applied Ecology*, 5(3): 675-684.
- CURIE, C. M.; STABBETORP, O. E.; NORDAL, I. (2007). *Eryngium maritimum*, biology of a plant at its northernmost localities. *Nordic Journal of Botany*, 24(5): 617-628.
- DEITSCHMAN, G. H. (1974). *Artemisia* L. Sagebrush. In: SCHOPMEYER, C. S. *Seeds of Woody Plants in the United States*. USDA Forest Service Agriculture Handbook 450.
- DEL VECCHIO, S.; MATTANA, E.; ACOSTA, A.; BACCHETTA, G. (2012). Seed germination responses to varying environmental conditions and provenances in *Crucianella maritima* L. a threatened coastal species. *Comptes Rendus Biologies*, 335(1): 26–31.
- DÍAZ-VIZCAÍNO, E. A.; CORNIDE, T.; IGLESIA, A. (2010). Short-term storage and germinative response to fire (temperature and smoke) in Ericaceae species characteristic of heathlands in NW of the Iberian peninsula. In: VIEGAS, D. X. (Ed.) cd Proceedings of the VI International Conference on Forest Fire Research. Coimbra (Portugal). pp.12.
- DIRECTIVA 92/43/CEE del Consejo de Europa de 21 de mayo de 1992. Relativa a la conservación de los hábitat naturales y de la flora y fauna silvestres. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 206, 22 de Julio de 1992. pp. 7-50.
- EHRMAN, T.; COCKS, P. S. (1996). Reproductive patterns in annual legume species on an aridity gradient. *Vegetatio*, 122: 47-59.
- ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. (1980). Towards a rational basis for testing seed quality. In: HEBBLETHWAITE, P. D. (Ed.). *Seed Production*. Butterworths, London. pp 605-635.
- ESCARAY, F. J.; ROSIQUE, F. J.; SCAMBATO, A. A.; BILENCA, D.; CARRASCO, P.; MATARREDONA, A.; RUIZ, O. A.; MENENDEZ, A. B. (2010). *Evaluation of a technical*

revegetation action performed on foredunes at Devesa de la Albufera, Valencia, Spain, Land Degradation & Development, 21(3): 239–247.

- EVANS, R. A.; YOUNG, J. A. (1983). 'Magnar' basin wildrye-germination in relation to temperature. *Journal of Range Management*, 36: 395-398.
- FENNER, M. (1991). The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Science Research*, 1(2): 75-84.
- GARDARIN, A.; DÜRR, C.; COLBACH, N. (2011). Prediction of germination rates of weed species: Relationships between germination speed parameters and species traits *Ecological Modelling*, 222(3): 626–636.
- GARCÍA, X. R. (2008). *Plantas de Galicia*. Xerais. Vigo.
- GILBERT, M.; PAMMENTER, N.; RIPLEY, B. (2008). The growth responses of coastal dune species are determined by nutrient limitation and sand burial. *Oecologia*, 156(1): 169-178.
- GIMÉNEZ-BENAVIDES, L.; ESCUDERO, A.; PÉREZ-GARCÍA, F. (2005). Seed germination of high mountain Mediterranean species: altitudinal, interpopulation and interannual variability. *Ecological Research*, 20: 433(4)–444.
- GUITIÁN, P. (1989). Ecosistemas litorales del noroeste de la Península Ibérica: complejos de vegetación psamófila e higrófila. Tesis doctoral. Santiago de Compostela.
- GUITIÁN, J.; GUITIÁN, E. (1990). *El paisaje vegetal de las Islas Cíes*. Xunta de Galicia. Consellería de Agricultura, Gandería e Montes. Santiago de Compostela.
- GUTTERMAN, Y. (1994). Long-term seed position influences on seed germinability of the desert annual, *Mesembryanthemum nodiflorum* L. *Israel Journal of Plant Sciences* 42(3), 197–205.
- HALWARD, T.; SHAW, R. (1996). Germination requirements and conservation of an endangered Hawaiian plant species (*Silene lanceolata*). *Natural Areas Journal*, 16(4): 335-343.
- HERRANZ, J. M.; FERRANDIS, P.; MARTÍNEZ-DURO, E. (2010). Seed germination ecology of the threatened endemic Iberian *Delphinium fissum* subsp. *sordidum* (Ranunculaceae). *Plant Ecology*, 211(1): 89–106.
- HONDA, Y. (2008). Ecological correlations between the persistence of the soil seed bank and several plant traits, including seed dormancy. *Plant Ecology*, 196: 301–309.
- HUANG, Z.; GUTTERMAN, Y.; HU, Z. (2000). Structure and function of mucilaginous achenes of *Artemisia monosperma* inhabiting the Negev desert of Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 48(4): 255–266.

- ISTA. (1985). *Handbook on tetrazolium testing*. International Seed Testing Association. Zurich.
- ISTA. (1999). *Reglas Internacionales para Ensayos de Semillas. Ensayo topográfico al Tetrazolío*. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería. Madrid.
- IZCO, J. (1992). Diversidad y originalidad ecológica y florística del litoral cántabro-atlántico español. *Anales de la Real Academia de Farmacia*, 58(4): 483-508.
- IZCO, J.; GUITIÁN, P.; SÁNCHEZ, J. M. (1993). Análisis y clasificación de las comunidades vegetales vivaces de las dunas vivas gallegas. *Anales Academia Galega de Ciencias*, 12: 79-104.
- IZCO, J.; SÁNCHEZ, J. M. (1996). Los medios halófitos de la Ría de Ortigueira (A Coruña, España). Vegetación de dunas y marismas. *Thalassas*, 12(1): 63-100.
- IZCO, J.; AMIGO, J.; GARCÍA-SAN LEÓN, D. (2000). Análisis y clasificación de la vegetación de Galicia (España), II. La vegetación herbácea. *Lazaroa*, 21: 25-50.
- KAYE, T. N. (1997). Seed Dormancy in High Elevation Plants: Implications for Ecology and Restoration. In: KAYE, T. N.; LISTON, A.; LOVE, R. N.; LUOMA, D. L.; MEINKE, R. J.; WILSON, M. V. (Eds). *Conservation and Management of Native Plants and Fungi*. Native Plant Society of Oregon, Corvallis, Oregon. pp.115-120.
- KEREN, A.; EVENARI, M. (1974). Some ecological aspects of distribution and germination of *Pancreatium maritimum* L. *Israel Journal of Botany*, 23: 202-215.
- KHAN, A. A.; SAMINY, C. (1982). Hormones in relation to priming and secondary seed dormancy. In: KHAN, A. A. (Ed.), *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Elsevier Biomedical, Amsterdam. pp. 203-241.
- KHAN, M. A.; UNGAR, I. A. (1997). Effects of light, salinity, and thermoperiod on the seed germination of halophytes. *Canadian Journal of Botany*, 75(5): 835-841.
- KOLOKOL'TSEVA, L. S.; PROKOF'EV, M. K. (1974) Germination of hard alfalfa seeds under the effect of ultrasound. *Biological Abstracts*, 57: 35-43.
- KÖRNER, C. (1999) Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountains ecosystems. Springer. Heidelberg.
- LE HOUÉROU, H. N. (1993a). Grazing lands of the Mediterranean Basin. In: COUPLAND, R. T. (Ed.) *Ecosystems of the world*. Elsevier, Amsterdam. 8B: pp. 171-196.
- LEE, J. A.; IGNACIUK, R. (1985). The physiological ecology of strandline plants. *Vegetatio*, 62: 319-326.
- LI, X.; JIANG, D.; ZHOU, Q; OSHIDA, T. (2012). Comparison of seed germination of four *Artemisia* species (Asteraceae) in northeastern Inner Mongolia, China. *Journal of Arid*

Land,4(1):36-42.

- MARCHIONI-ORTU, A.; BOCCHIERI, E. (1984). A study of the germination responses of a Sardinian population of sea fennel (*Crithmum maritimum*). *Canadian Journal Botany*, 62(9):1832-1835.
- MARTIN, A.; GRZESKOWIAK, V.; PUECH, S. (1995). Germination variability in three species in disturbed Mediterranean environments. *Acta Oecologica*, 16(4): 479-490.
- MARTIN, A.; PUECH, S. (2001). Interannual and interpopulation variation in *Helichrysum stoechas* (Asteraceae), a species of disturbed habitats in the Mediterranean region. *Plant Species Biology*, 16(1): 29-37.
- MASON, R. L.; GUNST, R. F.; HESS, J. L. (1989). *Statistical Design and Analysis of Experiments*. Wiley & Sons. New York.
- MAUN, M. A. (1998). Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian journal of Botany*, 76(5): 713-738.
- METEOGALICIA. Axencia Galega de Meteoroloxía. www.meteogalicia.es. (2013). Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas. Xunta de Galicia.
- MEYER, S. E.; MCARTHUR, E. D.; JORGENSEN, G. L. (1989). Variation in germination response to temperature in rubber rabbitbrush (*Chrysothamnus nauseosus*: Asteraceae) and its ecological implications. *American Journal of Botany*, 76(7), 981-991.
- MEYER, S. E.; MONSEN, S. B. (1991). Habitat-correlated variation in mountain big sagebrush (*Artemisia tridentata* ssp. *vaseyana*: Asteraceae) seed germination patterns. *Ecology*. 72(2):739-742.
- MOURIÑO, J. OTERO, X. L. (2002). Caracterización de los acantilados del Parque Natural de las Islas Cíes y su relación con la colonia de gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans*). In: SILVA-PANDO, F. J; MOSQUERA R; PUERTO G. (Eds.). *Actas de la I Reunión sistemas agroforestales-I Reunión espacios naturales*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias forestales. 14. Lugo. pp. 135-142.
- NADEAU, L. B.; KING, J. R. (1991). Seed dispersal and seedling establishment of *Linaria vulgaris* Mill. *Canadian Journal of Plant Science*, 71(3): 771-782.
- NECAJEVA, J.; IEVINSH, G. (2008) Seed germination of six coastal plant species of the Baltic region: effect of salinity and dormancy-breaking treatments. *Seed Science Research*, 18(3): 173-177.
- OKUSANYA, O, T. (1977). The effect of sea water and temperature on the germination behaviour of *Crithmum maritimum*. *Physiologia Plantarum*, 41(4): 265-267.
- ÖNEN, H. (1999). Studies on biology and control of mugwort (*Artemisia vulgaris* L.). PhD Thesis. Gaziosmanpaşa University, Tokat-Turkey.

- ÖNEN, H. (2006). The influence of temperature and light on seed germination of mugwort (*Artemisia vulgaris* L.). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 393-399.
- PARDO, A.; RUÍZ, M. A. (2001). SPSS 10.0. *Guía para el análisis de datos*. Universidad Autónoma de Madrid.
- PEÑA, D. (2002). *Regresión y diseño de experimentos*. Alianza Editorial. Madrid.
- PULGAR, I. (2004). *Guía da flora do complexo dunar de Corrubedo e lagoas de Carregal e Vixán*. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- QUINLIVAN, B. J. (1971). Seed coat impermeability in legumes. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 37: 283 – 295.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; DÍAZ, T.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSÁ, M.; PENAS, A. (2002). Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the Syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica*, 15(1-2): 5-922.
- ROBOCKER, W. C.; CURTIS, J. T.; AHIGREN, H. L. (1953). Some factors affecting emergence and establishment of native grass seedlings in Wisconsin. *Ecology*, 34(1): 194-199.
- RODRÍGUEZ-OUBIÑA, J.; ORTIZ, S.; PULGAR, I. (1997). Os pasteiros vivaces das dunas da costa de Galicia (NO da Península Ibérica). *Nova Acta Científica Compostelana*, 8: 103-110.
- ROMERO, M. I. *Catálogo da Flora de Galicia* (2008). Recursos rurais. Universidade de Santiago de Compostela.
- ROUNDY, B. A.; YOUNG, J. A.; EVANS, A. (1985). Germination of basin wildrye and tall wheat grassin relation to osmotic and matric potential. *Agronomy Journal*, 77(1): 129-135.
- SANMARTÍN, L. A.; LAGO, H. (1998). *Guía da flora do litoral galego*. Xerais. Vigo.
- SCIPPA, G. S.; PETROLLINI, E.; TRUPIANO, D.; ROCCO, M.; FALCO, G.; DI MICHELE, M.; CHIATANTE, D. (2011). Dormancy of *Medicago marina* (L.) seed. *Environmental and Experimental Botany*, 72(2): 320-329.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. (1979). *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Editorial Blume. Madrid.
- SHUMWAY, S. W. (2000). Facilitative effects of a sand dune shrub on species growing beneath the shrub canopy. *Oecologia*, 124: 138-148.
- SOLAS, H. F.; STABBETORP, O. E.; NORDAL, I. (2004). The viability of a plant “on the edge”: *Glaucium flavum* (Papaveraceae) in Norway. *Nordic Journal of Botany*, 24: 433-444.
- SORIANO, A. (1992). Río de la Plata grasslands. In: COUPLAND, R. T. (Ed.) *Ecosystems of the World*. Elsevier, Amsterdam. 8A: pp. 367-407

- STANIFORTH, R. J.; CAVERS, P. B. (1979). Field and laboratory germination responses of achenes of *Polygonum lapathifolium*, *P. pensylvanicum*, and *P. persicaria*. *Canadian Journal of Botany*, 57(8): 877-885.
- SWANK, W. G. (1944). Germination of seeds after ingestion by ringnecked pheasants. *The Journal of Wildlife Management*, 8(3): 223-231.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K. (1988). Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus ssp. creticus* (L.) Heywood and *C. salvifolius* L. *Plant, Cell and Environment*, 11(9): 841-849.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; SKAROU, F. (1989). *Glaucium flavum* seed germination: An ecophysiological approach. *Annals of Botany*, 63(1): 121-130.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; DOUMA, D. J.; MARANGAKI, C. (1991). Photoinhibition of seed germination in Mediterranean maritime plants. *Annals of Botany*, 68(5): 469-475.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; DELIPETROU, P. (1994). Photoinhibition of seed germination in the maritime plant *Matthiola tricuspidata*. *Annals of Botany*, 73(6): 639-644.
- THOMSON, A.; EL-KASSABY, A. (1993). Interpretation of seeds germination parameters. *New Forest*, 7(2):123-132
- THOMPSON, K.; BAND, S.; HODGSON, J. (1993). Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology*, 7: 236–241.
- THOMPSON, K.; JALILI, A.; HODGSON, J.; HAMZEH'EE, B; ASRI, Y.; SHAW, S. SHIRVANY, S.; YAZDANI, S.; KHOSHNEVIS, M.; ZARRINKAMAR, F.; GHAHRAMANI, M.; SAFAVI, R. (2001). Seed size, shape, and persistence in the soil in an Iranian flora. *Seed Science Research*, 11(4): 345–355.
- TOMPSETT, P. B.; PRITCHARD, H. W. (1998). The effect of chilling and moisture status on the germination, desiccation tolerance and longevity of *Aesculus hippocastanum* L. seed. *Annals of Botany*, 82: 249-261.
- TIELBÖRGER, K.; VALLERIANI, A. (2005). Can seeds predict their future? Germination strategies of density-regulated desert annuals. *Oikos*, 111(2): 235-/244.
- TORRES, L. (2011). Estudio de la germinación y desarrollo inicial de dos especies invasoras de Galicia: *Arctotheca calendula* (L.) Levyns, *Oenothera glazioviana* Micheli. Trabajo de Investigación Fin de Carrera. Universidad de Santiago de Compostela.
- TRABAUD, L.; OUSTRIC, J. (1989). Influence du feu sur la germination des semences de quatre espèces ligneuses méditerranéennes à reproduction sexuée obligatoire. *Seed Science and Technology*, 17(3): 589-599.

- VAN ASSCHE, J. A.; VANDELOOK, F. E. A. (2010). Combinational dormancy in winter annual Fabaceae. *Seed Science Research*, 20(4): 237-242
- VAN DER MEIJDEN, E. & VAN DER WAALS-KOOI, R. E. (1979). The population ecology of *Senecio jacobaea* in a sand-dune system. *Journal of Ecology*, 67: 131-153.
- VAN DER PUTTEN W. H. (1990). Establishment of *Ammophila arenaria* (marram grass) from culms, seeds, and rhizomes. *Journal of Applied Ecology*, 27(1): 188-199.
- VIGNA, M. R.; FERNÁNDEZ, O. A.; BREVEDAN, R. E. (1983). Germinación de *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Studia Oecologica*, II/2: 167-182.
- WALMSLEY, C. A.; DAVY, A. J. (1997). Germination characteristics of shingle beach species, effects of seed ageing and their implications for vegetation restoration. *Journal of Applied Ecology*, 34(1): 131-142.
- WILLIS, A. J.; GROVES, R. H. (1991). Temperature and light effects on the germination of seven native forbs. *Australian Journal of Botany*, 39(3): 219-228.
- YU, S. L.; STERNBERG, M.; JIANG, G. M.; KUTIEL, P.; (2003). Heterogeneity in soil seed banks in a Mediterranean coastal sand dune. *Acta Botanica Sinica*, 45: 536-543.
- YU, S. L.; STERNBERG, M.; KUTIEL, P.; CHEN, H. W. (2007). Seed mass, shape, and persistence in the soil seed bank of Israeli coastal sand dune flora. *Evolutionary Ecology Research*, 9: 325-340.
- YU, S. L.; BELL, D.; STERNBERG, M.; KUTIEL, P. (2008). The effect of microhabitats on vegetation and its relationships with seedlings and soil seed bank in a Mediterranean coastal sand dune community. *Journal of Arid Environments*, 72: 2040-2053.
- ZHANG, J.; MAUN, M. A. (1994). Potential for seed bank formation in seven Great Lakes sand dune species. *American Journal of Botany*, 81(4): 387-394.
- ZHAO, L. P.; WU, G. L.; CHENG, J. M. (2011). Seed mass and shape are related to persistence in a sandy soil in northern China. *Seed Science Research*, 21(1): 47-53.



CAPÍTULO II:

Germinación de flora de litoral. Efecto de la estratificación fría, giberelinas y escarificación



2.1. INTRODUCCIÓN

La respuesta germinativa de una especie varía en función de factores extrínsecos según el lugar de recolección, latitud, humedad, nutrientes del suelo, elevación, temperatura, sustrato, salinidad, fluctuaciones ambientales etc.; aunque también puede depender de factores intrínsecos a la semilla como madurez, viabilidad, el tipo de dormición que presenta o el grado de la misma (Baskin & Baskin, 1998; Shumway, 2000; Yu *et al.*, 2007; Gilbert *et al.*, 2008). La dormición se presenta como una respuesta al medio para favorecer la germinación de la semilla en las condiciones más apropiadas para el desarrollo de la misma. Según Pérez & Pita, (1999), Baskin & Baskin (2004a,b) y Finch-Savage & Leubner-Metzger (2006), entre otros, se entiende por latencia o dormición al estado en el cual una semilla viable no germina aunque se la coloque en condiciones de humedad, temperatura y concentración de oxígeno idóneas para hacerlo.

Que una semilla sea durmiente o no varía con la especie y el individuo, incluso en una misma muestra ante las mismas condiciones podría haber semillas durmientes y otras no durmientes (dentro de una misma muestra diferirían en clase o nivel de dormición) (Baskin & Baskin, 2004a,b). Además dependiendo de la población de la cual se recoja la muestra de semillas puede variar su nivel de dormición fisiológica (Baskin *et al.*, 2002). El hecho de que las especies varíen su nivel de dormición según la población, incluso entre aquellas recogidas de la misma planta madre o a diferente altitud o entre años en la misma población, supone un aumento de la variabilidad genética poblacional y de la capacidad de las semillas para superar las condiciones ambientales cambiantes y extremas (Andersson & Milberg, 1998).

2.1.1. Tipos de dormición

Según Nikolaeva, (1969, 1977) hay dos tipos de dormición de la semilla: endógena y exógena. En la dormición endógena son ciertas características del embrión las que impiden la germinación; sin embargo, en la exógena, son características estructurales de las capas que envuelven el embrión las que impiden la germinación.

Baskin & Baskin, (1998, 2004 a,b) han establecido un sistema de clasificación para las semillas según su tipo, clase y nivel de dormición. Una síntesis de la misma se muestra en la Tabla 2.1.

Tipo	Clase	Nivel	Causa	Ruptura
Dormición endógena	Fisiológica	Profunda	Mecanismo de inhibición fisiológica (PIM) de la germinación	Almacenamiento en seco y estratificación con calor y/o fría con/sin giberelinas según el nivel de dormición fisiológica
		Intermedia		
		No profunda (5 tipos)		
	Morfológica		Embrión subdesarrollado	Condiciones apropiadas para el crecimiento/germinación del embrión
	Morfofisiológica	No profunda simple	Mecanismo de inhibición fisiológica (PIM) de la germinación y embrión subdesarrollado	Estratificación con calor y/o fría según el nivel de dormición morfofisiológica
		Intermedia simple		
		Profunda simple		
		Profunda simple epicotilo		
		Profunda simple doble		
		No profunda compleja		
Intermedia compleja				
Profunda compleja				
Dormición exógena	Física		Envuelta (o fruto) de la semillas impermeable al agua	Abertura de una estructura especializada (endospermo, perispermo, envuelta, cáscara etc)
	Combinada (Física y fisiológica)		Combinación de ambas	Combinación de ambas

Tabla 2.1. Tipos, clases, niveles, causas y modos de ruptura de la dormición de las semillas según Baskin & Baskin, (1998, 2004a,b).

Esta clasificación distingue cinco clases: dormición fisiológica (PD), dormición morfológica (MD), dormición morfofisiológica (MPD), dormición física (PY), y una dormición combinada (PY + PD). Aunque factores endógenos y exógenos son responsables del mantenimiento o pérdida de la dormición (Vleeshouwers *et al.*, 1995; Baskin & Baskin, 1998, 2004a; Benech-Arnold *et al.*, 2000; Fenner & Thompson, 2005; Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006), los autores han presentado una clave que permite determinar el estado de dormición basándose en la morfología del embrión, la permeabilidad de la cubierta de la semilla al agua, y la capacidad de las semillas frescas para germinar en el plazo de un mes (Baskin & Baskin, 2004b). Esta información sobre el tipo de dormición de las semillas se complementa caracterizando su respuesta germinativa a las giberelinas (GA), que pueden sustituir en algunos casos a los requerimientos de luz o bajas temperaturas para que dicho proceso se produzca Baskin & Baskin (1998, 2004a,b).

La dormición fisiológica es la más común, está provocada por mecanismos inhibidores del embrión que impiden el desarrollo de la radícula, Baskin & Baskin (1998, 2004a,b) han diferenciado tres niveles, no profunda, intermedia o profunda. Dentro de ella el nivel no profundo de dormición fisiológica es el nivel más común, estando representado en Gimnospermas y en la mayoría de las Angiospermas. En este nivel se distinguen cinco tipos, la mayoría de las especies que presentan este nivel son del tipo 1 y 2, unas pocas del tipo 3 y mucho más raras son las del tipo 4 y 5; y los cinco tipos vienen dados por los patrones de cambio en la respuesta fisiológica a la temperatura durante la ruptura de la dormición

(Vleeshouwers *et al.*, 1995; Baskin & Baskin, 2004a). Por lo tanto, la mayor o menor exposición de las semillas a ciertas temperaturas puede proporcionar información complementaria sobre su tipo de dormición (Baskin & Baskin, 2004b).

En la dormición morfológica la germinación es impedida por el subdesarrollo del embrión, por sus características morfológicas (Baskin & Baskin, 1998). La clasificación de Baskin & Baskin, (2004a,b) no incluye semillas con embriones indiferenciados. En estas semillas el embrión es pequeño (subdesarrollado), para crecer necesita simplemente tiempo para alcanzar la talla y luego germinar, mientras que en el caso de la dormición morfofisiológica las semillas tienen unos embriones subdesarrollados con un componente de dormición fisiológica y requieren de un pretratamiento para romper su dormición. Es típica de especies pertenecientes a las familias Alliaceae, Apiaceae, Magnoliaceae, Oleaceae, Ranunculaceae y Vitaceae en Angiospermas, y Zamiaceae, Ginkgoaceae y Taxaceae en Gimnospermas (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006).

La dormición física está causada principalmente por una o más capas de células en empalizada lignificadas impermeables al agua en la semilla o cubierta del fruto (Baskin *et al.*, 2000; Baskin, 2003). Está bien representada por lo menos en quince familias de Angiospermas (Anacardiaceae, Buxaceae, Cannaceae, Cistaceae, Fabaceae, Geraniaceae, Malvaceae, Rhamnaceae, etc.) (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006).

Puede ocurrir que una especie presente tanto dormición física como fisiológica, dormición combinada, en esta clase las semillas o frutos son impermeables al agua y además los embriones tienen dormición fisiológica. El componente de dormición fisiológica es el del nivel no profundo en todas las especies con estas características estudiadas (Baskin & Baskin, 1998). En este caso, es necesario que se rompan ambos tipos de dormición para que pueda producirse la germinación.

2.1.2. Tratamientos para romper la dormición

Se pueden aplicar varios tratamientos para romper la dormición de la semilla. La elección del mismo depende de los conocimientos previos que tengamos sobre el tipo de dormición que posee (Bradbeer, 1988; Raghavan, 2000). Es de señalar en este sentido que hasta la fecha solo se dispone de datos sobre la germinación en muy pocas de las especies de playa, acantilado y frente dunar (menos del 10%) por lo que gran parte de la investigación queda por hacer en este grupo. Baskin & Baskin (1998).

La mayoría de las especies de litoral, que crecen en playas, acantilados y frentes dunares, pertenecen a familias en las que la dormición fisiológica está bien representada (Baskin & Baskin, 1998; Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006), si bien los estudios sobre su germinación y dormición solo se han realizado en pocos géneros, motivo por el que Baskin & Baskin (1998) indicaron la necesidad de conocer mejor dichas características en este tipo de flora. En este sentido, el almacenamiento en seco y las giberelinas estimulan la germinación de las semillas de algunas especies de estos hábitats, incluida *Cakile maritima* (Ignaciuk & Lee, 1980), lo que indica que la dormición fisiológica no profunda podría ser común entre halófitas. La estratificación en frío también podría estimular especies de litoral como *Crithmum maritimum* (Okusanya, 1977), *Glaucium flavum* (Thanos *et al.*, 1989), o *Eryngium maritimum* (Walmsley & Davy, 1997); mientras que en otros casos como

Pancratium maritimum casi la totalidad de las semillas son capaces de germinar sin ningún pretratamiento (Keren & Evenari, 1974). En otras especies como *Cistus salviifolius* es el calor seco el que facilita la ruptura de la dormición física de las semillas (Trabaud & Oustric, 1989), como también ocurre en otras especies del género *Cistus* (Thanos & Georghiou, 1988; Aronne & Mazzoleni, 1989; Trabaud & Oustric, 1989b; Valbuena *et al.*, 1992; González-Rabanal & Casal, 1995). Otro conjunto de especies más cosmopolitas adaptadas a ambientes costeros como por ejemplo *Oenothera glazioviana* podrían no presentar dormición (Kachi, 1990). En nuestro estudio previo de la germinación de especies características de flora de litoral atlántico (Capítulo I) hemos encontrado niveles bajos de germinación en buena parte de ellas en las condiciones de su propio medio natural; entre ellas las que aquí estudiamos, algunas citadas anteriormente, que podrían presentar dormición fisiológica.

La dormición fisiológica es la más común entre las especies de los géneros estudiados: *Cakile* (Guja *et al.*, 2010), *Helichrysum* (Willis & Groves, 1991; Martin *et al.*, 1995), *Elymus* (Evans & Young, 1983; Roundy *et al.*, 1985) o *Polygonum* (Washitani & Masuda, 1990). Numerosas especies del género *Silene* podrían poseer dormición fisiológica (Thompson, 1970ab, 1975; Keeley & Keeley, 1987), y en algunas especies de este género su germinación puede verse estimulada por la estratificación fría o cálida (Baskin & Baskin, 1988). Según Baskin *et al.*, (1993b) algunas halófitas de la familia Scrophulariaceae salen de su latencia con estratificación en frío, como consecuencia de esto la temperatura mínima de germinación disminuye. Del mismo modo ocurre en otras especies del género *Artemisia* (Maw *et al.*, 1985; Bakker & de Vries, 1992; Bai & Romo, 1994; Bai & Romo, 1996), *Daphne* (Zuur- Isler, 1992), *Elymus* (Kaye, 1997), *Euphorbia* (Baskin & Baskin, 1979), *Linaria* (Nadeau & King, 1991), *Panicum* (Baskin & Baskin, 1988; Shipley & Parent, 1991), *Polygonum* (Baskin & Baskin, 1990b), *Scolymus* (Soriano, 1992; Le Houérou, 1993), *Oenothera* (Baskin & Baskin, 1994) y *Cakile* (Maun & Payne, 1989; Adair *et al.*, 1990), cuya dormición fisiológica puede ser superada con estratificación fría. Además, en algunas especies del género *Cakile* la escarificación manual favorece la germinación de la semilla (Gedge & Maun, 1992). En otros géneros como *Medicago* la dormición física parece ser la más común siendo superada en ocasiones por escarificación manual (Wiesner *et al.*, 1994). En la familia Empetraceae se encuentran géneros como *Empetrum* que poseen una dormición fisiológica (Baskin *et al.*, 2002) que en algunos casos puede ser superada con escarificación ácida y posterior estratificación en frío (Grime, 1974).

Muchas de las semillas de hábitats costeros poseen cubiertas gruesas y duras que le confieren una dormición física al impedir el paso de agua y oxígeno al interior de la misma. Para estas semillas el daño o escarificación de la cubierta protectora es imprescindible para su germinación (Bradbeer, 1988). En la naturaleza, la rotura de la barrera externa de las semillas en familias como Fabaceae (Leguminosae), es superada con oscilaciones de temperatura, la alternancia de periodos secos y húmedos, y especialmente con los incendios (Quinlivan, 1971; Rolston, 1978; Baskin & Baskin, 1989; Tárrega *et al.*, 1992; Bossard, 1993; Cornide, 2001; Cornide *et al.*, 2005). La escarificación mecánica es de especial interés en las zonas arenosas, donde el continuo movimiento y fricción de la arena sobre la semilla puede degradar la cubierta de la misma (Williams, 1981). La escarificación ácida, mediada por agentes químicos, también puede degradar la cubierta de la semilla y con ello favorecer la entrada de agua y oxígeno que induzcan la germinación; así la exposición a diferentes concentraciones de ácido sulfúrico puede romper la dormición de ciertas semillas con estas características (Alderson, 1987). En la naturaleza la escarificación ácida de la semilla sucede cuando estas

pasan por el aparato digestivo de algunos animales (Pereiras *et al.*, 1985; Manzano *et al.*, 2005; Calviño-Cancela, 2005) o cuando parte de la cubierta es digerida por bacterias u otros microorganismos del suelo, y el tiempo necesario de exposición al ácido es variable entre las especies o incluso dentro de una misma especie (Chauhan & Johnson, 2009; Cornide *et al.*, 2012).

El requerimiento de un periodo prolongado de frío asegura que las semillas adaptadas a climas templados germinen en primavera en vez de en invierno, lo que garantiza una mayor supervivencia de plántulas. Aunque cada especie tiene una temperatura óptima a la que germinan una mayor proporción de semillas, muchas especies de litoral adaptadas al clima atlántico podrían presentar esta respuesta adaptativa. El tiempo de exposición a las condiciones de frío es variable, por ejemplo dieciséis a diecinueve semanas para *Eryngium maritimum* según Walmsley & Davy (1997).

A la hora de romper la latencia de semillas con dormición fisiológica se precisa un periodo de exposición variable a estratificación fría (Tabla 2.2); para especies con dormición fisiológica no profunda (pocos días a pocos meses). Las semillas con dormición fisiológica no profunda salen de su dormición, a menudo a un ritmo lento, cuando se almacenan en seco a temperatura ambiente, fenómeno denominado “after-ripening” en Finch-Savage & Leubner-Metzger, (2006), o también llamado dormición condicional por Baskin & Baskin, 1998. Además, la pérdida de la dormición no profunda podría darse también durante el almacenamiento frío-seco (Wang *et al.*, 2010). Las semillas con dormición fisiológica intermedia frecuentemente requieren de dos a tres meses de estratificación fría o bien, almacenamiento a temperaturas por debajo de 10°C en un estado de imbibición para salir de su latencia, mientras que las semillas con dormición fisiológica profunda salen de su dormición solo después de largos periodos de estratificación fría (varios meses a 1-2 años) (Baskin & Baskin, 1998, 2004a,b).

Tratamiento	Tipo de dormición fisiológica		
	Profunda	Intermedia	No profunda
Desarrollo del embrión separado de la semilla	Plántula no normal	Plántula normal	Plántula normal
Acción de giberelinas (GA)	No inducen la germinación	Inducen la germinación en algunas especies	Inducen la germinación
Estratificación y germinación	3-4 meses de estratificación en frío producen la ruptura de la dormición	2-3 meses de estratificación en frío producen la ruptura de la dormición	Dependiendo de la especie, la estratificación en frío o con calor produce la ruptura de la dormición

Tabla 2.2. Características de la dormición en semillas con dormición fisiológica profunda, intermedia y no profunda (adaptado a partir de Baskin & Baskin, (2004a,b)).

La germinación mediada por la liberación de GA₃ puede sustituir en algunos casos a los requerimientos de luz o baja temperatura para la germinación de la semilla. Hay muchos estudios que demuestran el efecto positivo en la germinación de las giberelinas en muchas especies (Machado & Soccol, 2008). Las giberelinas son responsables de la activación del

crecimiento vegetativo del embrión (Taiz & Zeiger, 2006), movilizándolo glucosa y minerales desde los tejidos de almacén hasta el embrión. Las concentraciones de realización del tratamiento con giberelinas son muy variables en función de la especie, como lo es también su procedimiento (Small & Garner 1980; Thomas & Davies, 2002; Koyuncu, 2005; Machado & Soccol, 2008; Nikam & Barmukh, 2009; Chauhan & Johnson, 2009).

Teniendo en cuenta, como se ha comentado anteriormente, que el que una semilla sea durmiente o no varía con la especie y el individuo, incluso en una misma muestra ante las mismas condiciones podría haber semillas durmientes y otras no durmientes (dentro de una misma muestra diferirían en clase o nivel de dormición) (Baskin & Baskin, 2004a), que además dependiendo de la población de la cual se recoja la muestra de semillas puede variar su nivel de dormición fisiológica (Baskin *et al.*, 2002) y que esta variación del nivel de dormición según la población, incluso entre aquellas recogidas de la misma planta madre o a diferente altitud, o entre años en la misma población supone un aumento de la variabilidad genética poblacional y de la capacidad de las semillas para superar las condiciones ambientales cambiantes y extremas (Andersson & Milberg, 1998; Scholten *et al.*, 2009), como es el caso de la flora de litoral, se justifica/resulta de interés verificar si dichas especies presentan efectivamente dormición fisiológica, tanto aquellas de las que se dispone de información en este sentido, puesto que son estudiadas en nuevas zonas biogeográficas de su distribución, como en las que no se dispone de dicha información. Además, el tipo de dormición de las semillas guarda relación con su acumulación en un banco de semillas en el suelo, y su ruptura puede resultar de interés en proyectos de revegetación o restauración, de gran interés en hábitats de litoral atlántico, algunos de ellos de interés para conservación según la Directiva Hábitats europea (Directiva 92/43/CEE). Puesto que en dichos proyectos hay que tener en cuenta que los requerimientos para la germinación de semillas de plantas de litoral se pueden modificar con su edad y almacenamiento, como ocurre en el banco de semillas, efecto que puede representar unas condiciones más estrictas para que dicho proceso ocurra y cuyo resultado puede ser una germinación escasa y errática, puede resultar conveniente utilizar semillas recientes con pretratamientos adecuados para la ruptura de su dormición y condiciones óptimas para su germinación para producción de planta (Walmsley & Davy, 1997).

Los objetivos de este estudio son por lo tanto, contribuir al conocimiento del estado de dormición de las semillas de especies de hábitats atlánticos costeros, en los primeros meses tras su dispersión y sobre todo, establecer si la dormición fisiológica está bien representada en la flora característica de litoral atlántico ibérico, en la que no existen estudios previos al respecto, mediante el análisis de su respuesta germinativa a la estratificación en frío y a las giberelinas, verificando si dichas técnicas pueden contribuir a estimular la germinación de las semillas en las condiciones de su propio medio natural, nuestra hipótesis es que sí, incrementando así los niveles de eficacia de los proyectos de restauración en estos ecosistemas, uno de los más sensibles y vulnerables a nivel europeo (Directiva 92/43/CEE).

2.2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.2.1. Selección de especies, recogida y procesamiento de semillas

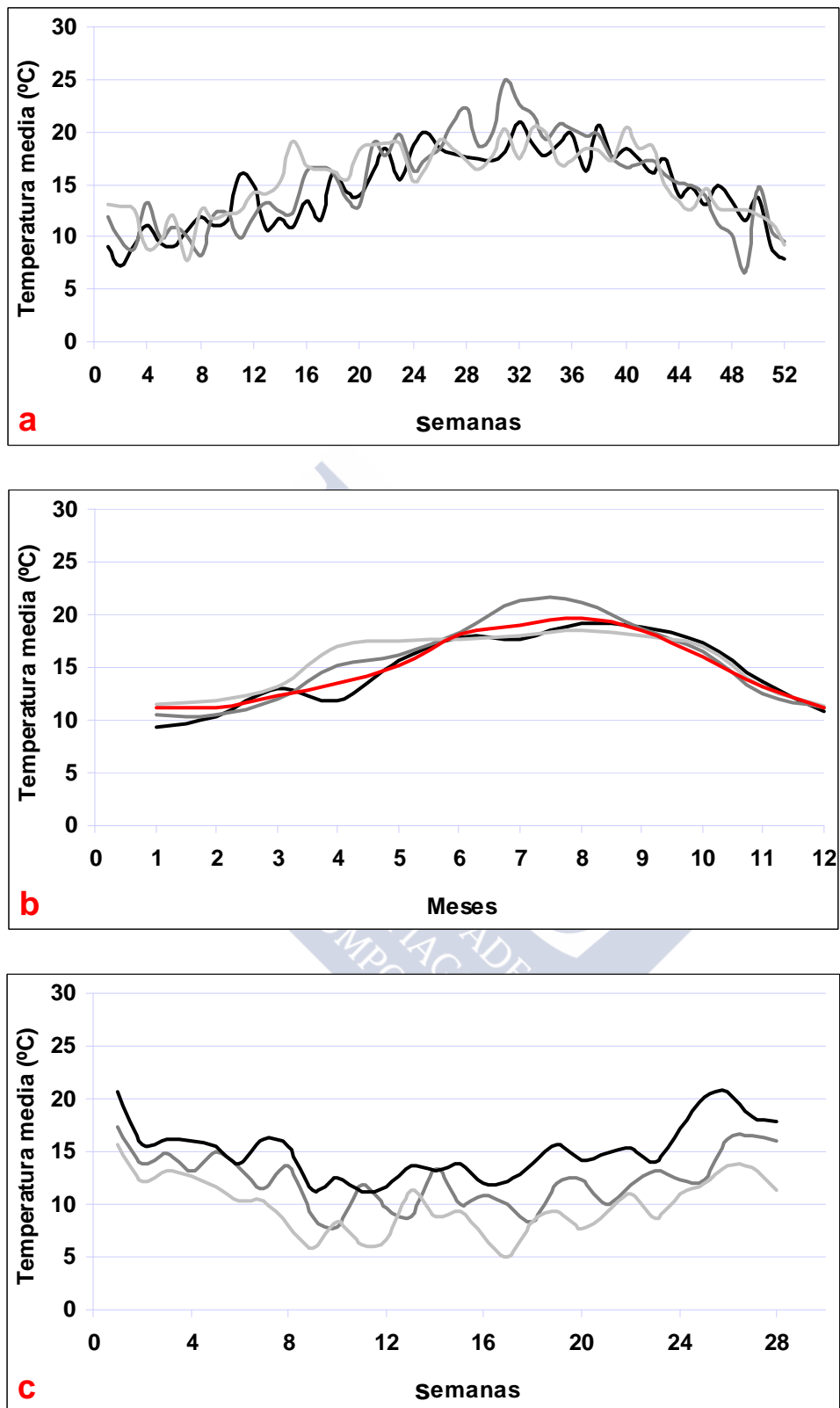
Se seleccionaron dieciséis especies herbáceas y arbustivas de las estudiadas en el capítulo I de esta tesis: *Arctotheca calendula*, *Armeria pubigera*, *Cistus salviifolius*, *Crithmum maritimum*, *Corema album*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus*, *Panicum repens*, *Polygonum maritimum*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*, cuyas características se presentan en la Tabla 1.2. Estas especies presentaron en las condiciones de primavera de su propio hábitat natural niveles de germinación medios, bajos, muy bajos o incluso nulos, como se ha expuesto en dicho capítulo, por lo que la proporción de semillas durmientes que presentan puede ser muy elevada.

La recolección de semillas se realizó siguiendo las pautas de recogida y procesamiento mencionadas en el capítulo anterior y en las mismas zonas de recolección. Una vez extraídas las semillas/frutos siguiendo también el mismo procedimiento, se almacenaron en seco, en oscuridad envueltas en papel a temperatura ambiente hasta el inicio de los ensayos de germinación, salvo en el caso de las especies con fruto carnoso (*Corema album* y *Daphne gnidium*), que una vez secos se almacenaron hasta que fueron abiertos y sus semillas puestas a secar diez días antes de ser sembradas, tal como se ha realizado en otros estudios de germinación de plantas con frutos carnosos (Baskin *et al.*, 2005). Las semillas fueron extraídas de su fruto en la mayoría de los casos, como excepción no fue extraída la semilla del fruto en los géneros de la familia Compositae y Apiaceae.

Tras este tiempo, se prepararon cuatro lotes de 35 semillas de cada especie, para la realización de cada uno de los tratamientos de escarificación manual, ácida y giberelinas, mientras que en el caso del tratamiento de estratificación en frío se prepararon tres lotes de 30 semillas por cada línea de tratamiento, debido al gran número de semillas a utilizar.

2.2.2. Realización de tratamientos

Los tratamientos se realizaron a partir del otoño siguiente a su recolección durante tres años consecutivos (2009, 2010 y 2011) en las mismas instalaciones empleadas en los ensayos del primer capítulo, de modo que se realizaron en las mismas condiciones de temperatura y luz de los anteriores tratamientos de fotoperiodo y oscuridad (Figuras 2.1.a, b y c), dichas condiciones fueron las registradas en este medio natural, similares a las del hábitat natural de las especies estudiadas. De este modo, se ha procurado que las semillas estuviesen sometidas a cada tratamiento, especialmente el de estratificación, en el mismo momento en que dicha situación se podría producir en su propio medio natural. La duración de los ensayos tras los tratamientos fue de tres meses, tiempo suficiente para que la germinación final obtenida no presentara variación.



Figuras 2.1. **a)** Temperatura media semanal (°C) registrada en la zona de estudio durante los años de realización de tratamientos; 2009, 2010, 2011. Año 2009 (—); año 2010 (—), año 2011 (—). **b)** Temperatura media mensual (°C) registrada en la zona de estudio durante los años de realización de tratamientos; 2009, 2010, 2011, junto con la media de las temperaturas registradas durante los anteriores ocho años (2001-2008) en la misma zona de estudio. Año 2001-2008 (—); año 2009 (—); año 2010 (—); año 2011 (—). **c)** Temperatura

mínima (—), media (—) y máxima (—) semanal (°C) registrada en la zona de estudio durante la realización del tratamiento de estratificación en frío desde el 25 de octubre de 2009 hasta el 25 de abril de 2010 (Fuente: Meteogalicia.es).

La aplicación de cada tratamiento a las distintas especies siguió un criterio diferenciado en función de los datos bibliográficos y de nuestra propia experiencia, de modo que no todos los tratamientos se aplicaron a todas las especies; con el objeto de conocer el tipo de dormición que poseen las semillas estudiadas y siguiendo los criterios expuesto por Baskin & Baskin, (2004a,b), donde se establece un sistema de clasificación para la dormición de semillas.

Escarificación manual:

Para este ensayo inicial se seleccionaron tres especies a las que los estudios previos les atribuían dormición física: *Cistus salviifolius* (Thanos & Georghiou, 1988; Trabaud & Oustric, 1989b); *Daphne gnidium* (Zuur- Isler, 1992) y *Scolymus hispanicus* (Soriano, 1992; Le Houérou, 1993), así como otras seis en las que la apariencia dura de la testa de las semillas, hacía suponer que podía resultar estimulada su germinación tras este tratamiento: *Arctotheca calendula*, *Corema album*, *Crithmum maritimum*, *Otanthus maritimus*, *Panicum repens* y *Polygonum maritimum*.

Como se ha comentado anteriormente, se seleccionaron para cada especie cuatro réplicas de 35 semillas, excepto para *Daphne gnidium* de la que sólo se tomaron tres réplicas de 20 semillas debido a la escasa disponibilidad de las mismas.

Para realizar la escarificación, con ayuda de un bisturí se aplicó un ligero corte en la cubierta de las semillas para favorecer así la entrada de agua y facilitar su germinación. Posteriormente se comprobó con una lupa que los cortes fuesen suficientemente profundos.

Escarificación ácida:

Este tratamiento se aplicó únicamente a dos especies con fruto en drupa y semillas con testa aparentemente muy dura (*Corema album* y *Daphne gnidium*), siguiendo la metodología propuesta por Chauhan & Johnson, (2009), atendiendo a las particularidades de estas especies, en especial la primera de ellas, que parece precisar la digestión química de los ácidos gástricos de las aves que las comen y propagan (Calviño-Cancela, 2005).

Se seleccionaron para cada especie cuatro réplicas de 35 semillas para cada una de las líneas del tratamiento, tanto para las condiciones de luz como de oscuridad. Las semillas fueron químicamente escarificadas introduciéndolas en ácido sulfúrico concentrado durante varios intervalos de tiempo (5, 15, 30, 60, 120 y 240 minutos). Las semillas fueron posteriormente lavadas en agua destilada durante 5 minutos y después nuevamente lavadas con agua destilada antes de colocarlas en placas, para su germinación. Las semillas no escarificadas (es decir las de 0 minutos con ácido sulfúrico) fueron usadas como control. Las semillas de *Daphne gnidium* presentaban daños evidentes al ser tratadas durante 15 minutos, por lo que ya no fueron sometidas a mayor duración del tratamiento.

Estratificación en frío:

Se establecieron tres protocolos, para poder estudiar si las especies presentan dormición fisiológica no profunda, intermedia o profunda atendiendo al periodo de duración del almacenamiento en frío, según la propuesta de Baskin & Baskin (2004a,b). Para ello se seleccionaron las siguientes especies: *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus*, *Polygonum maritimum*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*. Esta selección incluyó aquellas especies que, según los resultados de germinación obtenidos en el anterior capítulo podrían presentar dormición fisiológica, así como *Crithmum maritimum*, *Eryngium maritimum* y *Glaucium flavum* cuya germinación sabemos que puede resultar estimulada con la estratificación en frío, pero a las que diferentes autores atribuyen una dormición morfofisiológica (en el caso de *Crithmum maritimum*, Okusanya (1977, 1979) y Marchioni-Ortu & Bocchieri (1984); en el de *Eryngium maritimum*, Walmsley & Davy (1997); y en el de *Glaucium flavum*, Thanos *et al.*, (1989) y Baskin & Baskin (1990a)).

Además en el caso de *Crithmum maritimum* y *Daphne gnidium* se ha tenido en cuenta la dureza de la envuelta del mericarpo y de la semilla respectivamente, lo que puede contribuir a la caracterización de la dormición fisiológica no profunda (Baskin & Baskin, 2004a,b), por lo que cada tratamiento de estratificación en frío se ha realizado con semillas sin escarificar y con escarificación manual, únicamente en las condiciones de fotoperiodo, las cuales según los resultados obtenidos previamente para estas especies, se corresponde con la germinación máxima esperada. Para realizar la escarificación, como se ha descrito anteriormente, con ayuda de un bisturí se aplicó un ligero corte en la cubierta, para favorecer así la entrada de agua y facilitar su germinación, comprobando con un estereomicroscopio que los cortes fuesen suficientemente profundos.

Mediante este experimento se pretendió determinar la dormición fisiológica de las especies estudiadas, y si se trataba de una dormición fisiológica no profunda, intermedia o profunda atendiendo al periodo de duración del almacenamiento en frío, según la propuesta de Baskin & Baskin (2004a,b). Según dichos autores, las semillas con dormición fisiológica profunda requerirían entre 3-4 meses de estratificación en frío para germinar, las de dormición fisiológica intermedia entre 2-3 meses y las de dormición no profunda, dependiendo de la especie, temperaturas entre (0-10°C) podrían romper su dormición en menos tiempo. En base a esta propuesta, el ensayo se organizó en tres tratamientos; 2, 8 y 16 semanas de estratificación en frío, colocándose por especie para cada tratamiento, tres réplicas de treinta semillas cada una.

Las semillas se colocaron sobre una capa doble de papel de filtro humedecido en placas Petri en la nevera para así mantener las condiciones pretendidas de frío, oscuridad y humedad (estratificación húmeda). La temperatura del ensayo se reguló hasta los 4°C, al tratarse de plantas situadas a nivel del mar las temperaturas alcanzadas en invierno no suelen bajar de dichos valores. Los meses de temperaturas más bajas son los comprendidos entre noviembre y enero, periodo en el que se realizó el tratamiento. Durante el tratamiento las placas se revisaron periódicamente, para mantener la humedad, humedeciéndolas cuando fue necesario, momento en que se evitó su exposición a la luz. Además, teniendo en cuenta que la estratificación en frío no solamente puede modificar el nivel y el ritmo de germinación

(Bewley & Black, 1994; Huang *et al.*, 2004), sino también las condiciones de temperatura y luz necesarias para que dicho proceso se produzca (Qu *et al.*, 2008), tras la estratificación las semillas se han puesto a germinar en condiciones de temperatura y fotoperiodo de su propio medio natural así como en oscuridad, para ello, como en el capítulo anterior, las placas se han envuelto en doble capa de papel de aluminio opaco a la luz, evitando su exposición a la luz al realizar los controles de germinación.

Giberelinas:

Mediante este experimento, se pretendió también determinar la dormición fisiológica de las especies estudiadas, y si se trata de una dormición fisiológica no profunda, intermedia o profunda atendiendo a si estimulan o no la germinación, según la propuesta de Baskin & Baskin (2004a,b).

Para la realización de este experimento se han tenido en cuenta tanto las concentraciones como el procedimiento seguido en diferentes estudios, en los que se ha conseguido estimular la germinación de diferentes especies (Small & Garner, 1980; Thomas & Davies, 2002; Koyuncu, 2005; Foley & Chao, 2008; Nikam & Barmukh, 2009).

Con la salvedad de *Polygonum maritimum*, para este tratamiento se seleccionaron las mismas especies que en el tratamiento de estratificación en frío: *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*.

Se aplicaron a las semillas tres concentraciones de una disolución de ácido giberélico (GA₃, Sigma) 0,1mM, 1mM y 5mM. En primer lugar se trató a las semillas con las dos concentraciones más bajas, mientras que la mayor concentración de GA₃ (5mM) sólo se aplicó a las especies que tras el tratamiento inicial habían presentado una baja germinación a concentraciones menores; en cuyo caso se ha planteado también un control de verificación.

Las réplicas de las semillas se depositaron en unos saquitos de tela de tamiz pequeño para evitar que se saliesen las semillas de pequeño tamaño, que a su vez se colocaron en vasos con cada disolución de giberelinas y se dejaron en ella durante 24 horas. Una vez cumplido el tiempo, los saquitos se sacaron y las semillas se lavaron con agua destilada, transfiriéndolas a sus correspondientes placas Petri para el seguimiento de su germinación.

2.2.3. Ensayo de germinación

Una vez realizados los citados tratamientos, las semillas se colocaron con las distintas peculiaridades descritas en placas Petri estériles para su germinación, según el procedimiento descrito en el primer capítulo. Se dispuso una doble capa de papel de filtro desinfectado en cada una y se colocaron las semillas, a las que se aplicó un primer riego con agua destilada y fungicida al 1,5%. Los sucesivos riegos se repitieron como mínimo dos veces a la semana, manteniendo hidratado el sustrato, sin encharcar la superficie.

Las condiciones de germinación (fotoperiodo / oscuridad) fueron diferentes según el tipo de tratamiento, la información disponible en el momento de su realización sobre la

germinación control de dichas especies y la disponibilidad de semillas en cada caso. Así tras la escarificación manual *Arctotheca calendula*, *Corema album*, *Otanthus maritimus*, *Panicum repens* y *Scolymus hispanicus* fueron sembradas por separado en condiciones de fotoperiodo y de oscuridad, mientras que *Cistus salviifolius*, *Daphne gnidium*, *Crithmum maritimum* y *Polygonum maritimum* fueron únicamente sembradas en fotoperiodo, ya que germinaron mejor en estas condiciones.

Tras la escarificación ácida la siembra se organizó en dos líneas diferentes; cuatro réplicas fueron sembradas en fotoperiodo y otras cuatro en oscuridad. De igual modo después del tratamiento de estratificación en frío, la mitad de las semillas fueron sembradas en fotoperiodo y la otra en oscuridad (tres réplicas en cada caso).

Tras el tratamiento de Giberelinas todas se sembraron en condiciones de fotoperiodo ya que como habíamos comprobado previamente (Capítulo I), no existen diferencias significativas entre fotoperiodo y oscuridad para estas especies, incluso se apreció una tendencia mayor a germinar en luz, exceptuando *Otanthus maritimus*, en la que sí se apreciaron diferencias significativas entre fotoperiodo y oscuridad por lo que esta especie fue ensayada en ambas condiciones.

Una vez obtenidos los resultados con las dos primeras concentraciones se aplicó el mismo procedimiento con 5mM de concentración a aquellas semillas con el nivel de germinación mas bajo (*Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*), dejando en este caso a *Otanthus maritimus* exclusivamente en condiciones de oscuridad.

El recuento de las semillas germinadas se realizó dos veces por semana, considerando como tal aquellas cuya radícula se observó con claridad a simple vista (Boojh & Ramakrishnan, 1982; Vigna *et al.*, 1983), criterio habitualmente utilizado en estudios ecológicos de germinación.

2.2.4. Análisis estadístico

Para cada uno de los tratamientos se calculó el porcentaje diario y final de germinación y los datos obtenidos se representaron gráficamente, obteniendo así las curvas de dinámica de la germinación correspondientes, lo que facilita la observación de las diferencias entre tratamientos y especies (Thomson & El-Kassaby, 1993). También se calculó tiempo medio de germinación (Mean germination time, MGT) (t_m) para cada especie y tratamiento, según Ellis & Roberts (1980) y Tompsett & Pritchard (1998), relacionado con el ritmo de germinación.

$$MGT = \Sigma(Dn)/\Sigma n$$

Siendo:

n : número de semillas que germinan en el día D

D : es el número de días contados desde el comienzo del tratamiento.

Para facilitar el análisis de los resultados obtenidos hemos establecido nuevamente una escala de valor según el nivel de germinación: nulo=0%, muy bajo ($\leq 10\%$), bajo (11-40%), medio (41-59%), elevado (60-89%) y muy elevado ($\geq 90\%$).

Del mismo modo hemos establecido una escala indicativa del ritmo de germinación a partir de los tiempos medios de germinación obtenidos: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30 días), L; lento (31-60 días), ML; muy lento (>60 días).

Para establecer el contraste estadístico en el caso de cuatro especies (*Armeria pubigera*, *Daphne gnidium*, *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*) los datos de control oscuridad se corresponden con los de otro año y control estudiados, puesto que no han presentado variabilidad interanual en las condiciones de fotoperiodo, asumimos que tampoco las presentarían en oscuridad.

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el análisis de la varianza Anova de un factor, o la prueba t de Student, según resultase procedente, para comprobar las diferencias significativas entre los valores medios obtenidos en la germinación final de los diferentes tratamientos, así como en los tiempos medios de germinación, previa transformación arcoseno \sqrt{p} en el primer caso y logarítmica en el segundo; y el Anova de dos factores para comprobar si la escarificación o no de las semillas, así como la condición de fotoperiodo y oscuridad, influyen en su respuesta a la estratificación. Se ha utilizado como test *a posteriori* el test, DMS o Games-Howel, según resultase procedente, para identificar las diferencias entre tratamientos (Sokal & Rohlf, 1979; Pardo & Ruíz, 2001); empleando para ello el paquete estadístico SPSS.

Con los valores de germinación se calculó el nivel crítico empleando la distribución Chi-cuadrado, puesto que la varianza de estos datos transformados es constante y conocida (Mason *et al.*, 1989; Peña, 2002), utilizando como test de contraste el DMS adaptado; lo que permitió evidenciar de modo más resolutivo las diferencias significativas (Díaz-Vizcaíno *et al.*, 2010).

2.3. RESULTADOS

2.3.1. Dinámica de la germinación

En las Figuras 2.2 a la 2.5 se presenta la germinación de las especies estudiadas. En el Anexo estadístico (Tablas 2.1 a la 2.10) se presentan los resultados correspondientes a los diferentes tratamientos de datos realizados (nivel de germinación y ritmo de germinación). La exposición de los resultados siguió la metodología del capítulo anterior de asignar a cada especie una escala de valor según el nivel de germinación y el ritmo de germinación, agrupando las especies en este caso según el nivel de respuesta a los diferentes tratamientos realizados.

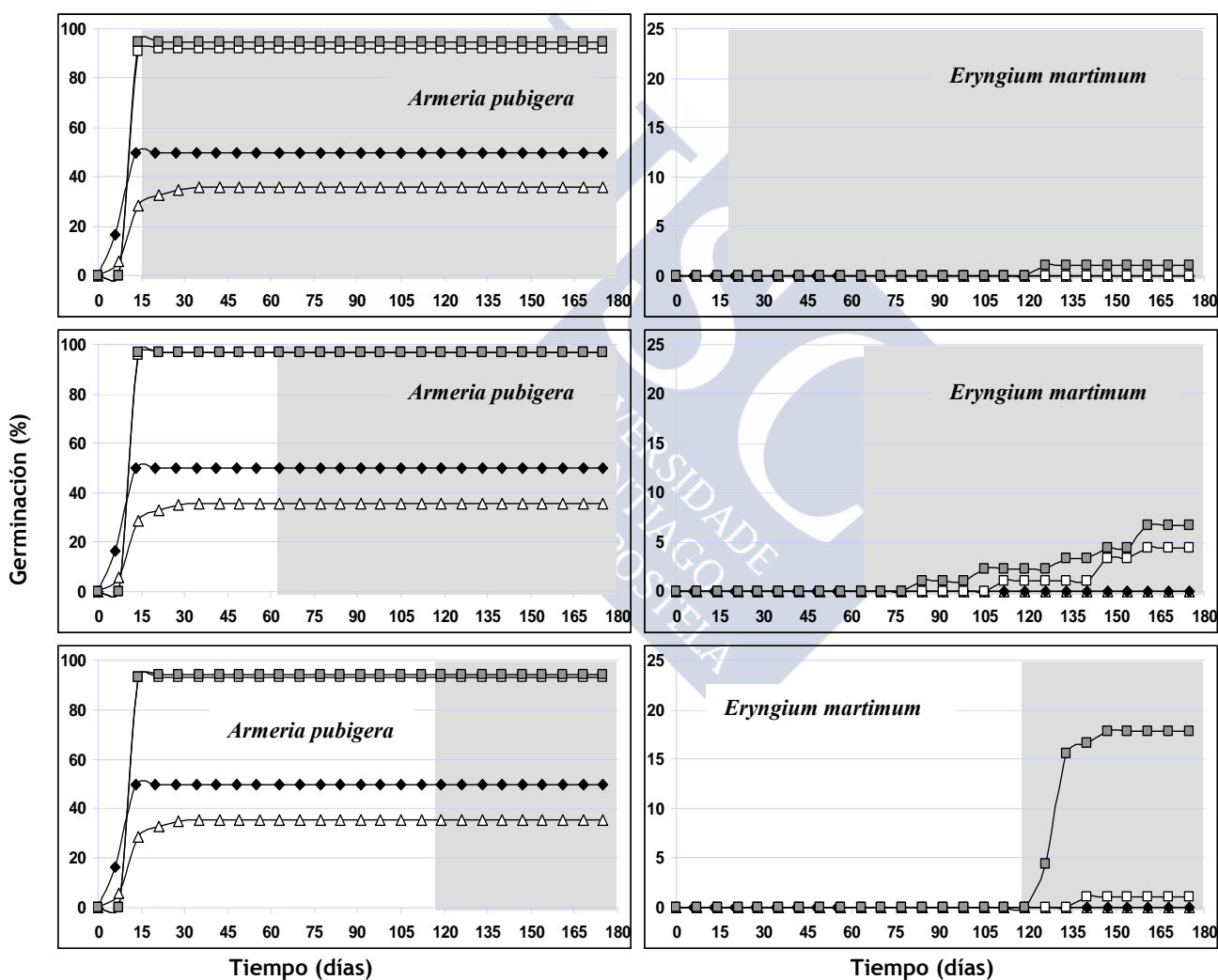


Figura 2.2. Efecto de la estratificación en frío (véase pie completo al final)

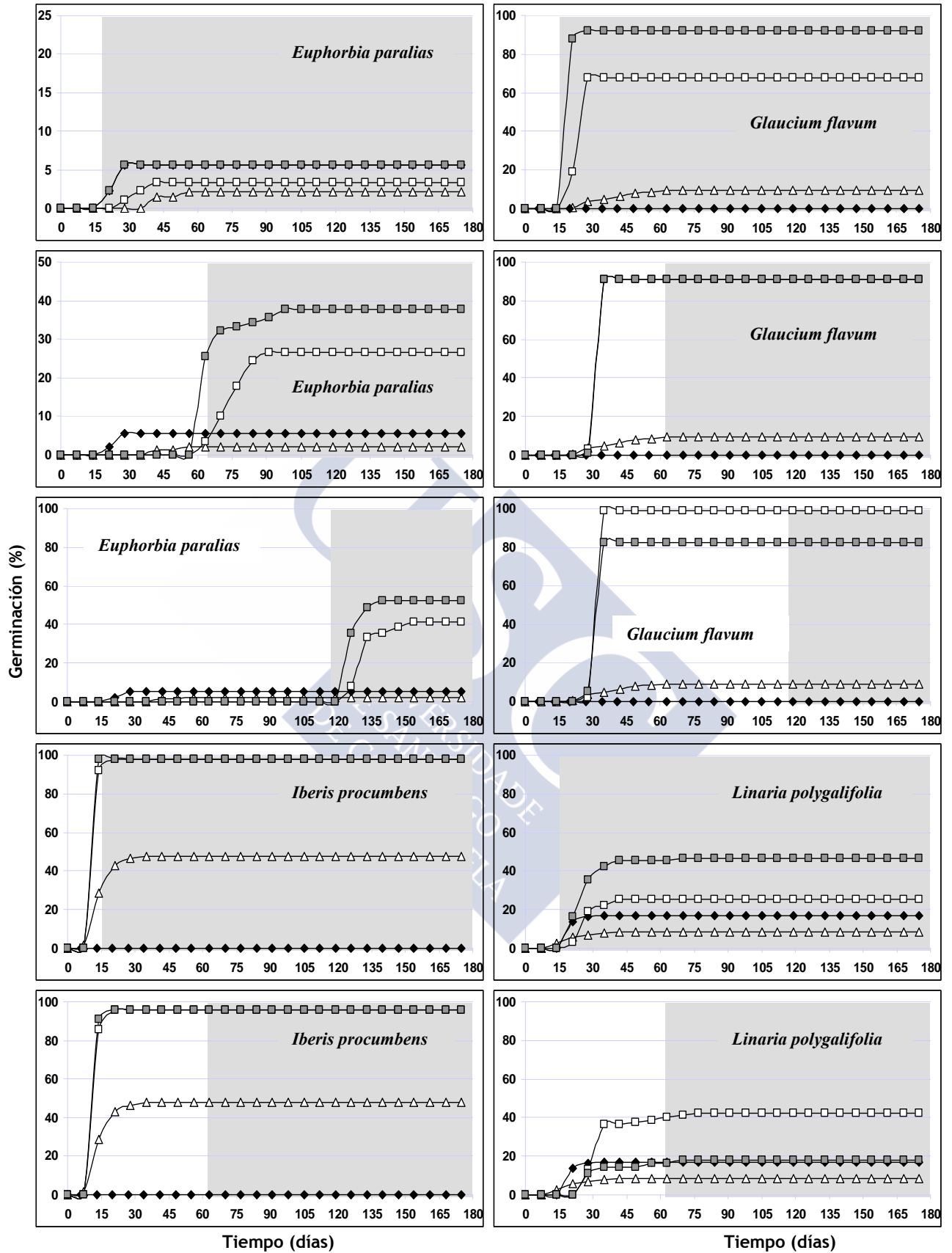


Figura 2.2. Efecto de la estratificación en frío (véase pie completo al final)

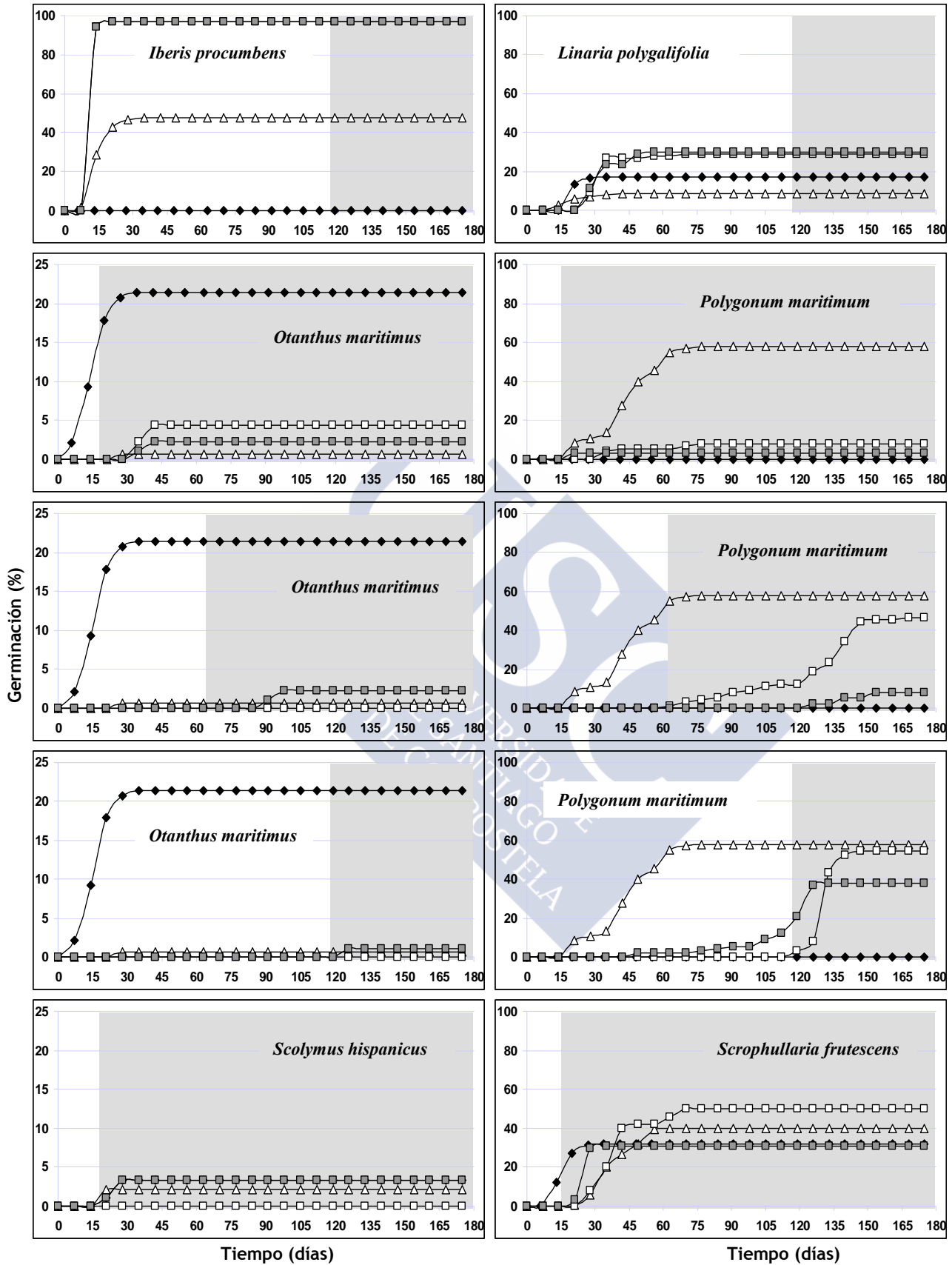


Figura 2.2. Efecto de la estratificación en frío (véase pie completo al final)

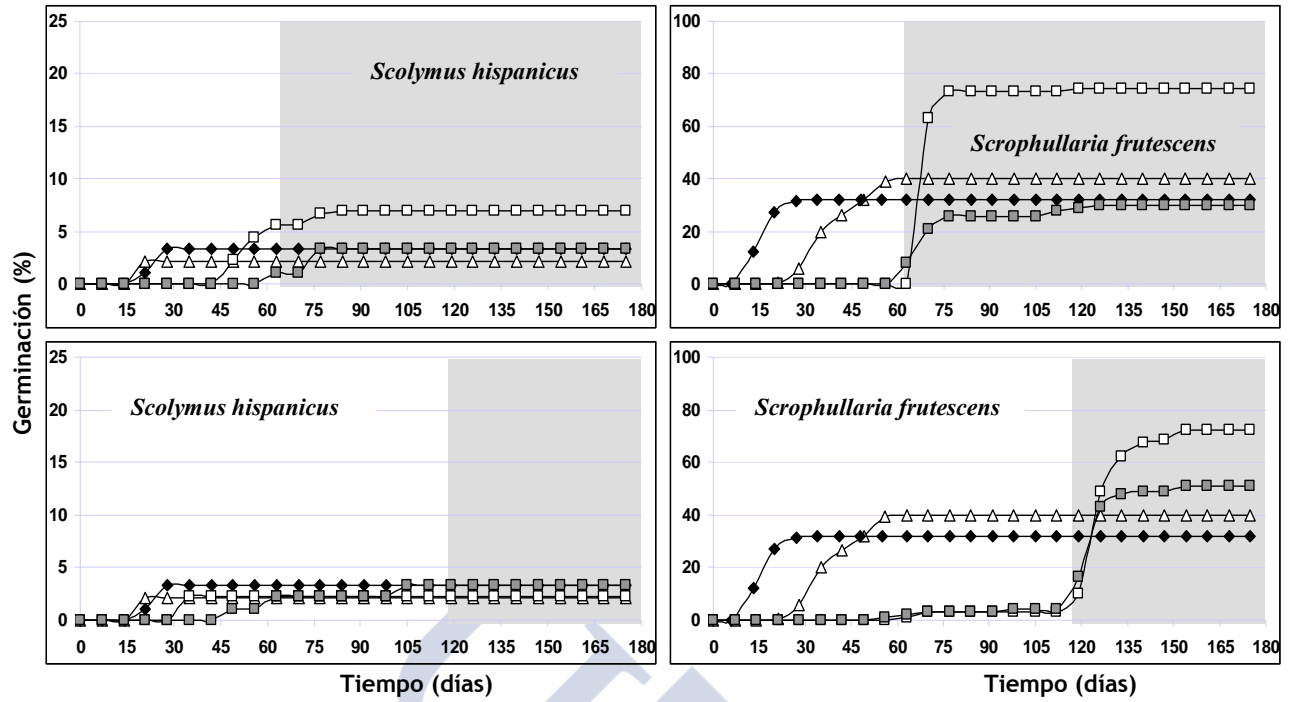


Figura 2.2. Efecto de la estratificación en frío (2, 8 y 16 semanas) en la germinación de doce especies de flora litoral. El periodo de germinación después de la estratificación en frío se indica mediante un área sombreada. La escala de los ejes Y (% de germinación) varía entre gráficas. Control fotoperiodo (Δ), control oscuridad (◆), estratificación fría fotoperiodo (□), estratificación fría oscuridad (■).



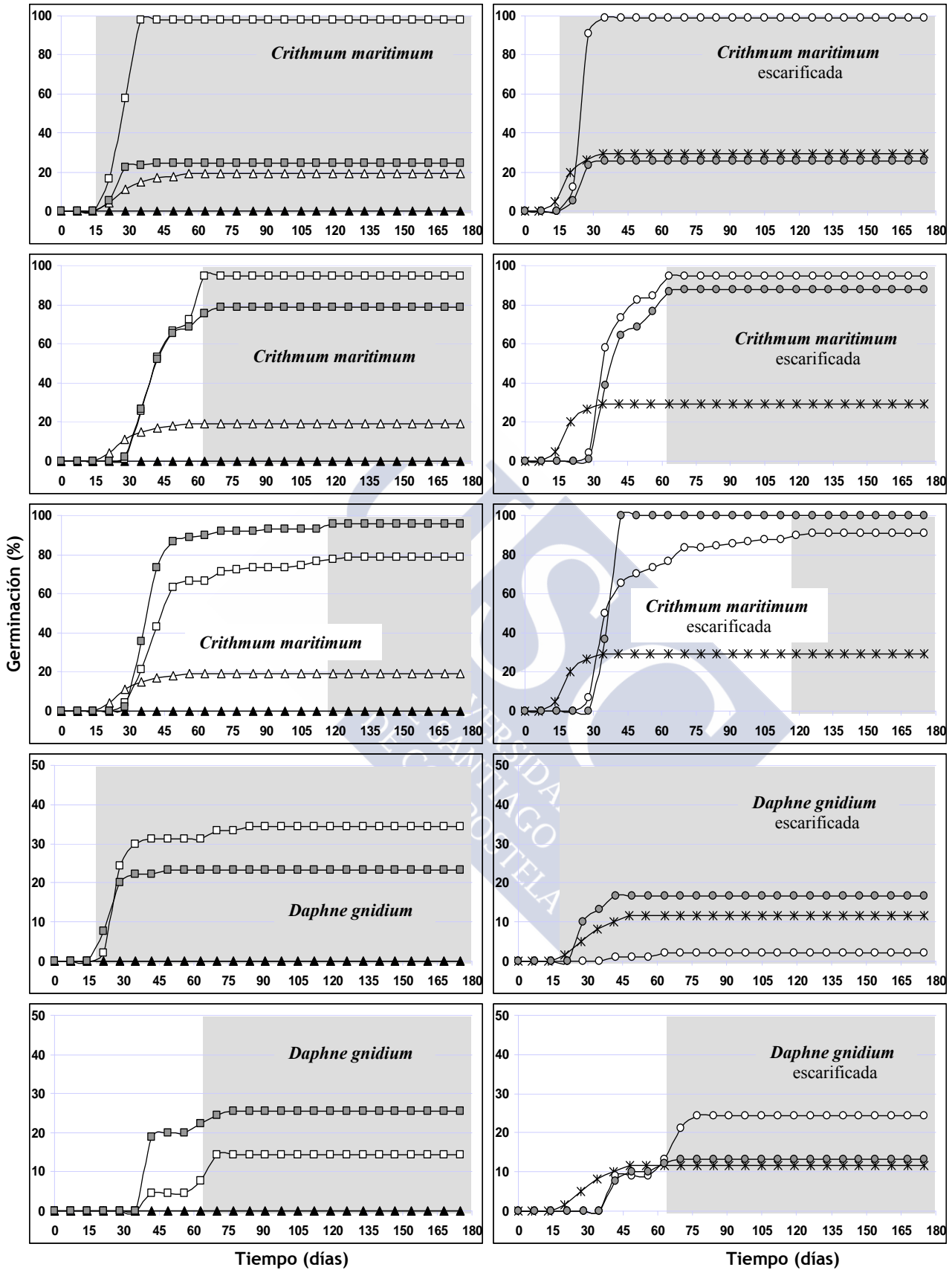


Figura 2.3. Efecto de la estratificación en frío con escarificación (véase pie completo al final)

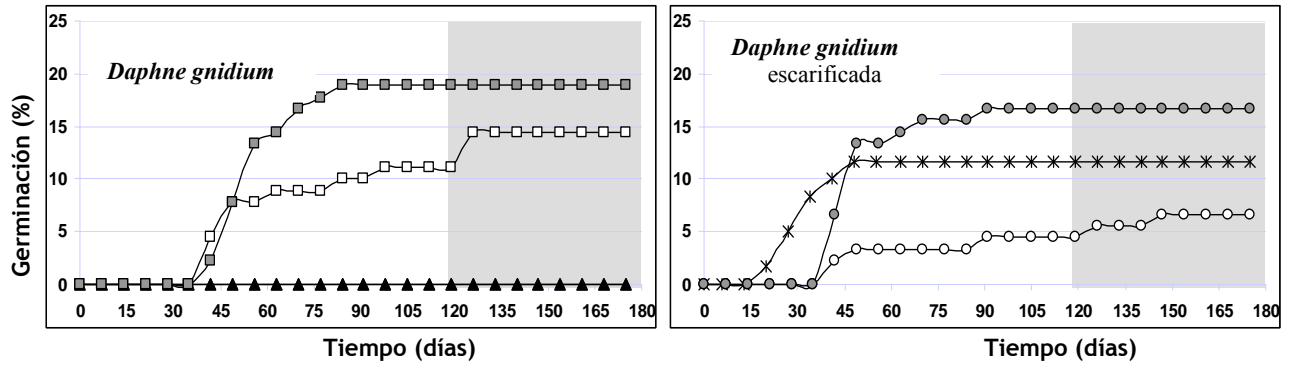


Figura 2.3. Efecto de la estratificación en frío (2, 8 y 16 semanas) y escarificación manual con estratificación en frío (2, 8 y 16 semanas) en la germinación de *Crithmum maritimum* y *Daphne gnidium*. El periodo de recuperación (tiempo después de la germinación bajo estratificación fría/ estratificación fría más escarificación) se indica mediante un área sombreada. La escala de los ejes Y (% de germinación) varía entre gráficas. Fotoperiodo (△), oscuridad (▲), estratificación fría fotoperiodo (□), estratificación fría oscuridad (■), escarificación manual fotoperiodo (*), escarificación manual más estratificación fría fotoperiodo (○) y escarificación manual más estratificación fría oscuridad (●).



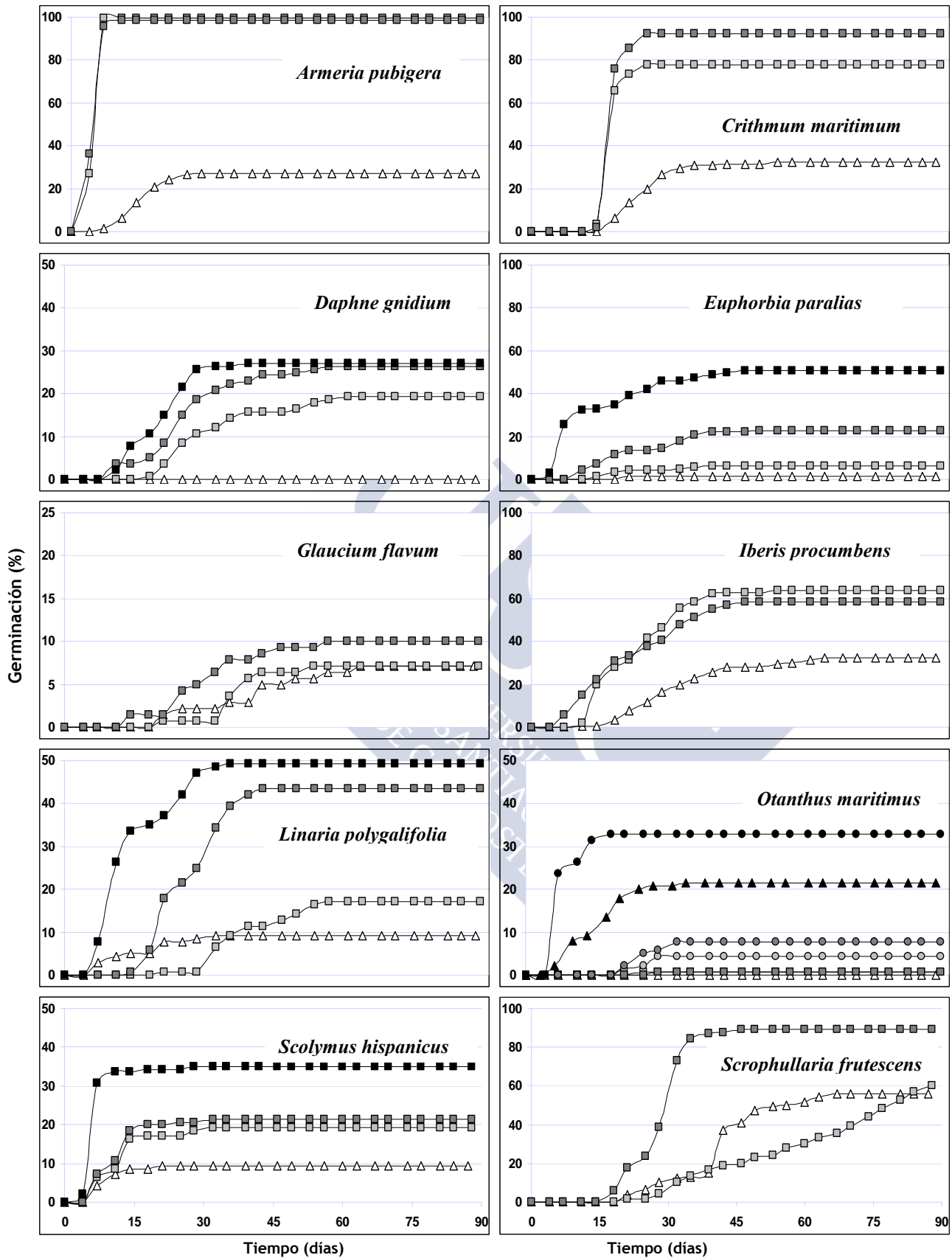


Figura 2.4. Efecto de GA₃ en la germinación de diez especies de flora litoral. La escala de los ejes Y (% de germinación) varía entre gráficas. Control fotoperiodo (Δ), control oscuridad (▲), fotoperiodo GA 0,1mM (◻), fotoperiodo GA 1mM (◼), fotoperiodo GA 5mM (◼), oscuridad GA 0,1mM (○), oscuridad GA 1mM (●) y oscuridad GA 5mM (●).

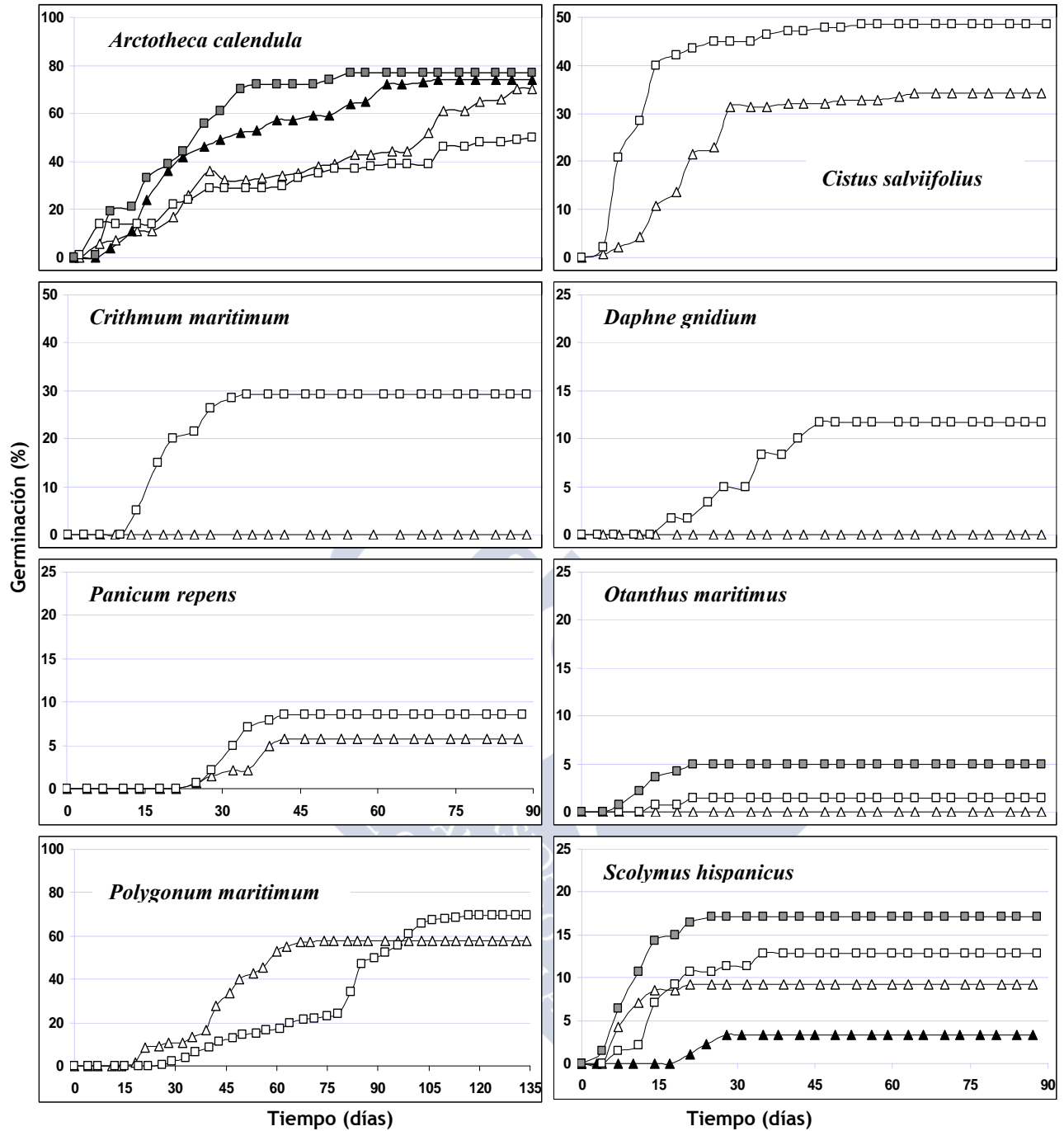


Figura 2.5. Efecto de la escarificación en la germinación de diez especies de flora litoral. En las figuras con área gris se representa a las que se le aplicó una la escarificación ácida, mostrando las de las especies con mejores resultados; *Corema album* (en ácido sulfúrico durante 240 minutos) y *Daphne gnidium* (en ácido sulfúrico durante 5 minutos). El resto de las figuras con escarificación manual. La escala de los ejes Y (% de germinación) varía entre gráficas. El eje X de *Polygonum maritimum* se prolongó para reflejar su variación con el tiempo. Control fotoperiodo (Δ), control oscuridad (\blacktriangle), escarificación ácida fotoperiodo (\circ), escarificación ácida oscuridad (\bullet), escarificación manual fotoperiodo (\square) y escarificación manual oscuridad (\blacksquare).

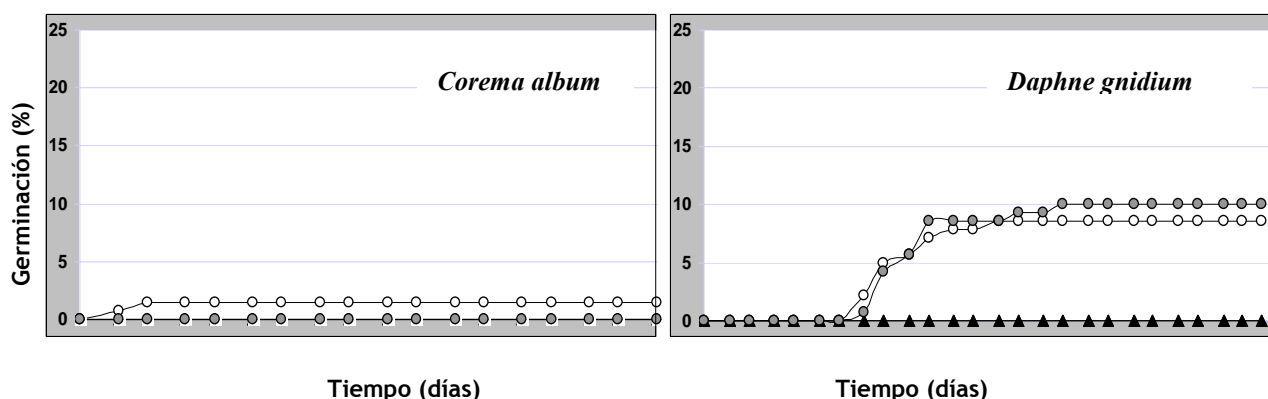


Figura 2.5. Efecto de la escarificación en la germinación de diez especies de flora litoral. Las figuras con área gris representan las especies a las que se le aplicó una la escarificación ácida, mostrando las de las especies con mejores resultados; *Corema album* (en ácido sulfúrico durante 240 minutos) y *Daphne gnidium* (en ácido sulfúrico durante 5 minutos). El resto de las figuras con escarificación manual. La escala de los ejes Y (% de germinación) varía entre gráficas. El eje X de *Polygonum maritimum* se prolongó para reflejar su variación con el tiempo. Control fotoperiodo (Δ), control oscuridad (\blacktriangle), escarificación ácida fotoperiodo (\circ), escarificación ácida oscuridad (\bullet), escarificación manual fotoperiodo (\square) y escarificación manual oscuridad (\blacksquare),

Especies con nivel de germinación muy elevado ante los tratamientos: se obtuvieron porcentajes muy altos de germinación en al menos uno de los tratamientos aplicados en las siguientes especies: *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Glaucium flavum* e *Iberis procumbens*.

Armeria pubigera mostró su nivel más alto de germinación (99,2%) tras el tratamiento con giberelinas a una concentración baja, significativamente mayor a su control fotoperiodo de referencia que presentó un nivel bajo de germinación. Con una concentración mayor de giberelinas, (media), el nivel de germinación se mantuvo muy elevado, no existiendo diferencias significativas con la anterior. La estratificación también incrementó la germinación, mostrando diferencias significativas entre el valor inicial del control y todas las líneas de tratamiento en frío (2, 8 y 16 semanas) incrementándose en todas ellas a niveles muy elevados, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, no existiendo diferencias significativas entre ellas. El nivel más alto de este tratamiento (96,6%) se alcanzó tras 8 semanas de estratificación en frío, tanto en fotoperiodo como en oscuridad.

El ritmo de germinación tras el tratamiento con giberelinas se incrementó significativamente de rápido a muy rápido con respecto al control, con un t_m de menos de una semana en las dos concentraciones, por lo que ambos tratamientos no difirieron entre sí pero si lo hicieron con el valor inicial del control (t_m mayor de dos semanas).

De igual modo el ritmo de germinación tras la estratificación en frío fue muy rápido aunque no existieron diferencias significativas en el t_m de germinación ni con el control ni entre las distintas líneas de tratamiento de 2, 8 y 16 semanas, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, ya que todas presentaron un t_m en torno a las dos semanas.

Por lo tanto, tanto las giberelinas (en fotoperiodo), como la estratificación (en fotoperiodo y en oscuridad) produjeron un incremento de la germinación de esta especie, hasta niveles muy elevados; lo que se observó a partir de niveles bajos y de corta duración respectivamente. Además las giberelinas aceleraron el ritmo de germinación.

Crithmum maritimum presentó un 100% de germinación en el tratamiento de 16 semanas de estratificación fría con semillas escarificadas y bajo condiciones de oscuridad, resultando patentes las diferencias significativas existentes con el control bajo condiciones de oscuridad, que no mostró ninguna germinación. La mayoría de las semillas germinó durante el tratamiento de estratificación fría, siendo los niveles de germinación alcanzados muy elevados o elevados, tanto en semillas escarificadas como sin escarificar, excepto en el tratamiento de menor duración (dos semanas) de estratificación fría en oscuridad en el que tan sólo alcanzaron un nivel bajo, tanto en semillas escarificadas como sin escarificar. El análisis en conjunto de estos dos factores (condiciones de luz y escarificación de la semilla) indicó que la interacción de los dos factores no resultó significativa, no existiendo interacción entre el estado de las semillas y la respuesta germinativa tanto en luz como en oscuridad. El estado de las semillas no influyó por tanto en la respuesta germinativa de ninguno de los tratamientos de estratificación (2, 8 y 16 semanas). Sin embargo, si analizamos ambos factores por separado sí se apreciaron diferencias significativas para ambos tras dieciséis semanas de estratificación en frío, además de en las condiciones de luz tras dos y ocho semanas, observándose que en dos de los casos la germinación en fotoperiodo fue significativamente más elevada que en oscuridad.

Los resultados de germinación se mantuvieron en un nivel muy elevado (92,1%) tras tratar las semillas con giberelinas a una concentración media, significativamente mayor a su control fotoperiodo que presentó un nivel bajo; esta diferencia también se apreció al tratar las semillas con concentraciones más bajas de giberelinas, que si bien aumentaron hasta un nivel elevado, continuaron siendo significativamente menores a las tratadas con una concentración media de giberelinas.

Las semillas de *Crithmum maritimum* sometidas a escarificación manual incrementaron su nivel de germinación de modo significativo hasta el 29,28% con respecto a su control fotoperiodo, en el que no se registró germinación alguna.

En cuanto al ritmo de germinación, tanto en el control como hasta las dos semanas de estratificación en frío, tanto en semillas escarificadas como sin escarificar, y tanto en condiciones de fotoperiodo y de oscuridad, el ritmo de germinación fue rápido, pasando a ser lento a partir de ocho semanas de estratificación en frío. De este modo tras dieciséis semanas de estratificación fría con semillas escarificadas y bajo condiciones de oscuridad se alcanzó un t_m ligeramente superior a cinco semanas, periodo incluido en el tratamiento, significativamente más lento que los tratamientos de estratificación de dos semanas, pero sin diferencias significativas con el control (t_m ligeramente superior a cuatro semanas). Tras el análisis del ritmo de germinación, con la interacción de los dos factores de estudio en la estratificación (condiciones de luz y escarificación), se observó que no existían diferencias significativas en la interacción entre ambos factores, aunque sí existían si se analizaban por separado. Además, el ritmo de germinación de las semillas que germinaron tras la realización de estos tratamientos, estratificación dos y ocho semanas, fue significativamente más rápido que el control, disminuyendo su t_m hasta dos semanas, o incluso una, respectivamente.

Al tratar las semillas con giberelinas el ritmo de germinación se mantuvo rápido, al igual que en el control fotoperiodo, pero fue significativamente más rápido que este, tanto a concentración baja como a media, ya que su t_m disminuyó una semana con respecto al control.

Tras la escarificación manual el t_m de germinación fue ligeramente inferior a tres semanas por lo que al igual que el anterior tratamiento alcanzó un ritmo de germinación rápido, existiendo diferencias significativas con el control fotoperiodo.

De este modo, tanto la estratificación (con semillas escarificadas como sin escarificar) como las giberelinas (en fotoperiodo), produjeron un incremento de la germinación de esta especie a niveles que pueden llegar a ser hasta muy elevados con concentraciones medias de GA₃ y con todos los periodos de estratificación excepto con el de menor duración (t_m de dos semanas) en oscuridad. Con la escarificación manual también mejoró el nivel de germinación, aunque sólo hasta un nivel bajo. Además, periodos inferiores a ocho semanas de frío, giberelinas y escarificación manual aceleraron el ritmo de germinación con respecto a sus valores control inicial; aceleración que se apreció también en las semillas que germinaron tras la estratificación, en casi todos los casos.

Glaucium flavum alcanzó su máximo nivel de germinación (98,8%) con dieciséis semanas de estratificación en frío en fotoperiodo, significativamente mayor al registrado con el valor inicial en fotoperiodo (9,3 %), al igual que al obtenido tras dos semanas, y con ocho y dieciséis semanas en otras condiciones de luz, (aunque el obtenido tras ocho semanas de estratificación en oscuridad, con mayor variabilidad de los datos, está muy próximo al nivel de significación establecido). En cualquier caso la totalidad de las semillas germinó durante el tratamiento de estratificación fría y los niveles alcanzados fueron todos elevados o muy elevados, difiriendo todos significativamente con su control, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, los cuales además difirieron entre sí únicamente con el nivel de estratificación más bajo.

Con una concentración baja y media de giberelinas el nivel de germinación se mantuvo muy bajo (10% de máximo con concentración media), no existiendo diferencias significativas con el control, que también presentó un nivel muy bajo.

En cuanto al ritmo de germinación, tras dieciséis semanas de estratificación fría en fotoperiodo se alcanzó un t_m cercano a cinco semanas, periodo incluido en la duración del tratamiento, muy cercano al t_m registrado en el control fotoperiodo por lo que ambos poseyeron un ritmo lento, sin diferencias significativas entre ellos. Estas diferencias sí se apreciaron en el periodo en frío de dos semanas, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, en los que el ritmo de germinación fue rápido con respecto a todos los demás (t_m en torno a tres semanas); apreciándose aún más al considerar únicamente las semillas que han germinado tras la realización de estos tratamientos, con un t_m próximo a una semana.

Tras el tratamiento con giberelinas no se apreciaron diferencias significativas entre el control fotoperiodo y las dos concentraciones aplicadas, no obstante, el ritmo se incrementó pasando de lento a rápido cuando tratamos las semillas con la concentración media.

Por lo tanto, la estratificación en frío produjo un incremento de la germinación de esta especie tanto en condiciones de fotoperiodo como de oscuridad, alcanzando niveles muy elevados a las dos semanas en oscuridad, ocho semanas fotoperiodo y oscuridad y dieciséis semanas fotoperiodo, y elevados en dos semanas fotoperiodo y dieciséis oscuridad. Además, se apreció un incremento del ritmo de germinación en las semillas que germinan tras estos tratamientos. Por el contrario, la adición de giberelinas hasta concentraciones medias no

incrementó el nivel de germinación de esta especie, si bien a mayor concentración si que se aceleró su ritmo de germinación de lento a rápido.

Iberis procumbens presentó una germinación máxima del 97,7% tras dos semanas de estratificación, tanto en fotoperiodo como en oscuridad. Este y el resto de los tratamientos de estratificación, en ambas condiciones de disponibilidad de luz, difirieron significativamente con el control, con una germinación media, pero no lo hicieron entre sí ya que todos presentaron un nivel muy elevado de germinación por encima del 95,5%.

Los niveles de germinación llegaron a ser elevados (63,6%) cuando hemos tratado las semillas con una concentración baja de giberelinas y significativamente mayores al control fotoperiodo que presentó un nivel bajo (31,4%). A una concentración media, el nivel descendió ligeramente de elevado a medio (58,6%), aunque no se apreció diferencias significativas con los resultados del tratamiento a menor concentración.

El ritmo de germinación tras la estratificación en frío fue muy rápido durante todos los periodos de estratificación ensayados, tanto en fotoperiodo como en oscuridad con un t_m bastante uniforme de unas dos semanas, por lo que no difirieron entre sí, sin embargo, sí que existieron diferencias en el ritmo de germinación con el control (t_m ligeramente por encima de dos semanas), que fue significativamente menor a todos los tratamientos de estratificación. Tras el tratamiento con ambas concentraciones de giberelinas se incrementó significativamente de lento a rápido con respecto al control, con un t_m de algo más de tres semanas, tanto con el nivel bajo como con el medio, por lo que ambos tratamientos no difirieron entre sí pero sí lo hicieron con el valor del control (t_m aproximadamente de cuatro semanas y media).

Por tanto, la estratificación (tanto en condiciones de luz como de oscuridad) y las giberelinas (en fotoperiodo), incrementaron la germinación de *Iberis procumbens* a niveles muy elevados con la estratificación y hasta elevados con concentraciones bajas de giberelinas. Así mismo, dentro del rango muy rápido de respuesta a la germinación, la estratificación aumentó ligeramente el ritmo de germinación con respecto al control inicial. De igual modo ocurrió con las giberelinas que incrementaron el ritmo de lento a rápido con respecto al control en ambas concentraciones de estudio.

Especies con nivel de germinación elevado ante los tratamientos: las especies que presentaron un elevado porcentaje de germinación son *Arctotheca calendula*, *Polygonum maritimum* y *Scrophularia frutescens*.

En *Arctotheca calendula* el nivel más alto de germinación se logró tras someter a las semillas a escarificación manual en condiciones de oscuridad (77%), sin embargo no se apreciaron diferencias significativas con su control (72%) que mantuvo un nivel elevado de germinación. En fotoperiodo la escarificación difirió si tenemos en cuenta sólo la germinación alcanzada a los dos meses de estudio (nivel bajo) o si observamos hasta los tres meses (nivel medio), siendo en ambos casos significativamente inferiores al nivel máximo alcanzado en oscuridad. De igual modo mostraron un menor porcentaje de germinación con sus respectivos controles fotoperiodo tanto a los dos como a los tres meses de estudio, siendo únicamente significativamente diferentes los resultados tras tres meses en fotoperiodo.

El ritmo de germinación se mantuvo rápido tras la escarificación, con un t_m ligeramente por debajo de tres semanas en oscuridad, que difirió significativamente con su control inicial que fue de cuatro semanas. En fotoperiodo el t_m de germinación se situó por encima de las cinco semanas.

De este modo, la escarificación en oscuridad aumentó el porcentaje de germinación, pero lo mantuvo en niveles elevados cercanos a los resultados control. No obstante, tras la escarificación si que aumentó el ritmo de germinación de modo significativo con respecto al control.

Polygonum maritimum alcanzó tras cuatro meses de estudio un porcentaje máximo de 69,3% de germinación tras someter a las semillas a escarificación manual en condiciones de fotoperiodo, apreciándose diferencias significativas con su control (52,8%) que mantuvo un nivel medio de germinación. Estas diferencias cambian cuando contrastamos el control con los resultados del tratamiento de escarificación tras dos y tres meses de estudio, si bien, a tres meses no hubo diferencias ya que los niveles fueron semejantes al control (50%), a los dos meses si que se observó que fueron significativamente menores, puesto que los niveles fueron bajos (17,1%). La estratificación en frío retrasó la germinación, mostrando diferencias significativas entre el valor inicial del control (52,8%) y los diferentes periodos de estratificación, exceptuando ocho y dieciséis semanas en fotoperiodo donde los porcentajes se recuperaron hasta alcanzar el nivel medio. Este descenso del nivel de germinación con el frío fue especialmente apreciable tras cortos periodos de dos semanas y bajo condiciones de oscuridad, donde se llegaron a registrar porcentajes de hasta el 3,3%.

El ritmo de germinación tras la escarificación manual aumenta significativamente con respecto al valor inicial desde un ritmo lento, con un t_m de más de seis semanas, hasta un ritmo muy rápido con un t_m de diez días. Con la estratificación fría ocurre lo contrario, el ritmo se ralentiza de forma significativa al someter a la semilla a condiciones de frío. De este modo, el ritmo pasó de lento a muy lento en todos los casos tras la estratificación, excepto en dos semanas fotoperiodo, donde se mantuvo lento. Esta demora en la germinación puede ser muy intensa, por lo que para alcanzar niveles similares al control se precisó de un t_m cercano a los cuatro meses y medio.

Por lo tanto, la escarificación produjo un incremento de la germinación de esta especie en condiciones de fotoperiodo hasta niveles elevados. Por el contrario, la estratificación fría disminuyó su nivel de germinación. Tras la escarificación el ritmo de germinación se incrementó llegando a ser muy rápido, mientras que como se ha comentado el frío retrasó la germinación hasta un ritmo muy lento.

Scrophularia frutescens mostró su nivel más alto de germinación (89,2%) tras el tratamiento con giberelinas a una concentración media, significativamente mayor a su control fotoperiodo que presentó un nivel medio de germinación (51,4%). Con una concentración menor de giberelinas, el nivel de germinación se mantuvo elevado, existiendo diferencias significativas con la concentración mayor, pero ya no con el control inicial. La estratificación en frío en fotoperiodo también incrementó la germinación en todas las líneas de tratamiento, pero mostró sólo diferencias significativas entre el valor control fotoperiodo con ocho y dieciséis semanas de duración. El nivel más alto de este tratamiento (74,4%) se alcanzó tras

ocho semanas de estratificación en frío en fotoperiodo. En oscuridad estas diferencias sólo se apreciaron tras dieciséis semanas de frío donde se alcanzó un 51,1%.

El ritmo de germinación tras el tratamiento con giberelinas 1mM se incrementó significativamente de lento a rápido con respecto al control, con un t_m ligeramente superior a cuatro semanas, no ocurrió así con una concentración menor de giberelinas, donde se mantuvo un ritmo lento, por lo que ambos tratamientos difirieron entre sí y con el control. El ritmo de germinación con la estratificación en frío fue muy variable, ya que, a excepción del tratamiento de dos semanas de frío en oscuridad donde el ritmo aumentó hasta rápido, en el resto de casos disminuyó o se mantuvo, mostrando que el frío demora la germinación en esta especie aunque se acaben alcanzando niveles superiores al control. No obstante, la mayoría de las semillas de esta especie germinaron tras los diferentes niveles de estratificación, en cuyo caso sí que se observó una aceleración gradual del ritmo de germinación, pasando a un t_m de dos o incluso de una semana.

Por lo tanto, tanto las giberelinas (en fotoperiodo), como la estratificación (en fotoperiodo) produjeron un incremento de la germinación de esta especie, hasta niveles elevados (con una concentración intermedia de GA_3 y a partir de ocho semanas de estratificación en fotoperiodo). Además, las giberelinas aceleraron el ritmo de germinación, y la estratificación también, si se consideran únicamente las semillas que germinaron tras dicho tratamiento.

Especies con nivel de germinación medio ante los tratamientos: se obtuvieron niveles medios de germinación en al menos uno de los tratamientos aplicados en *Cistus salviifolius*, *Euphorbia paralias* y *Linaria polygalifolia*.

En *Cistus salviifolius* el nivel más alto de germinación se logró tras someter a las semillas a escarificación manual en fotoperiodo (48,6%), apreciándose diferencias significativas con su control, que presentó un nivel bajo de germinación (33,6%).

El ritmo de germinación se incrementó de rápido a muy rápido tras la escarificación, con un t_m ligeramente por debajo de dos semanas, que difirió significativamente con su control inicial que fue de tres semanas.

De este modo, la escarificación en fotoperiodo aumentó el porcentaje de germinación, hasta un nivel intermedio. Además, tras la escarificación también aumentó el ritmo de germinación de modo significativo con respecto al control de rápido a muy rápido.

Euphorbia paralias alcanzó su máximo nivel de germinación (52,2%) tras dieciséis semanas de estratificación en frío en oscuridad. porcentaje significativamente mayor al registrado en el control oscuridad (5,5%) y en el resto de líneas del tratamiento, excepto con el tratamiento de dieciséis semanas de estratificación en fotoperiodo que alcanzó el nivel medio de germinación. Los niveles alcanzados tras la estratificación en frío fueron aumentando a medida que hemos incrementado el periodo de estratificación, así tras dos semanas de frío no se apreciaron diferencias significativas con los controles tanto en fotoperiodo como en oscuridad, pero a partir de las ocho semanas estas diferencias si se pusieron de manifiesto. Con una concentración baja de giberelinas el nivel de germinación se mantuvo muy bajo (6,4%), al aplicar una concentración intermedia, el porcentaje subió hasta

un nivel bajo de germinación (22,8%) y al suministrar una concentración mayor 5mM se incrementó de nuevo hasta un nivel medio de germinación (50,7%), existiendo diferencias significativas entre ellas y con el control fotoperiodo que presentó un nivel muy bajo (1,4%).

Con dieciséis semanas de estratificación fría en oscuridad se alcanzó un ritmo muy lento, con un t_m algo superior a cuatro meses, significativamente superior a su control oscuridad que con un t_m de tres semanas y media fue rápido. El tratamiento presentó un ritmo de germinación muy variable, ya que a excepción del de dos semanas de frío en oscuridad donde el ritmo aumentó hasta rápido, en el resto de casos disminuyó hasta muy lento. De nuevo parece ser que al tratar con frío la semilla se retrasa la germinación difiriendo entre sí y con el control fotoperiodo. Considerando únicamente las semillas que germinaron tras los diferentes niveles de estratificación, el ritmo de germinación se aceleró, llegando a ser muy rápido, con un t_m próximo a una semana.

Tras el tratamiento con giberelinas no se apreciaron diferencias significativas entre el ritmo de germinación del control fotoperiodo y las tres concentraciones aplicadas, no obstante, estas diferencias sí que existieron entre las dos concentraciones más bajas con respecto a la más elevada. El ritmo se incrementó de rápido a muy rápido cuando hemos tratado las semillas con la concentración elevada, con un t_m ligeramente superior a dos semanas, frente a las tres semanas que presentaron las concentraciones menores y el control fotoperiodo.

Por lo tanto, la estratificación en frío produjo un incremento de la germinación mayor cuanto más se prolongó el periodo de frío, tanto en condiciones de fotoperiodo como de oscuridad, alcanzando niveles medios a las dieciséis semanas, en fotoperiodo y oscuridad. Del mismo modo, la adición de giberelinas aumentó gradualmente los niveles de germinación a medida que aumentamos la concentración de las mismas, alcanzando también a una concentración elevada un nivel medio de germinación. El ritmo de germinación decreció con la estratificación fría, y se incrementó en las semillas que germinan tras dicho tratamiento, lo que se apreció también con las giberelinas.

Linaria polygalifolia presentó un máximo de nivel de germinación con una concentración elevada de giberelinas (49,3%) que difirió con el control fotoperiodo que presentó un nivel muy bajo (9,3%), y que también difirió con la concentración baja de giberelinas (nivel bajo), pero no con la concentración intermedia, con la que se alcanzó también un nivel medio de germinación.

En el tratamiento de estratificación fría el mayor porcentaje se obtuvo tras dos semanas bajo condiciones de oscuridad (46,7%) significativamente mayor al control oscuridad (17,1%) y a los demás niveles de tratamiento, salvo ocho semanas de estratificación en fotoperiodo que fue la única que alcanzó también el nivel medio de germinación.

El ritmo de germinación en niveles elevados de giberelinas fue muy rápido, con un t_m ligeramente superior a dos semanas, al igual que su control de referencia por lo que no hubo diferencias significativas entre ellos. No ocurrió así con los niveles bajo y medio, que difirieron entre sí y con el tratamiento de mayor concentración. En la estratificación en frío el ritmo de germinación fue rápido hasta las dos semanas de tratamiento con un t_m inferior a cuatro semanas, a partir de las ocho semanas el ritmo se hizo lento, difiriendo

significativamente todos los niveles del tratamiento de estratificación con los controles fotoperiodo oscuridad que se mantuvieron rápidos; mientras que si se consideran únicamente las semillas que han germinaron tras la estratificación, el ritmo se acelera, con un t_m algo menor que dos semanas, presentando diferencias significativas con los respectivos controles.

Por lo tanto, tanto las giberelinas (en fotoperiodo), como la estratificación (en fotoperiodo y en oscuridad) produjeron un incremento de la germinación de esta especie, hasta niveles medios; lo que se observó a partir de niveles altos de giberelinas y dos semanas de duración en oscuridad respectivamente. Las giberelinas no aceleraron el ritmo de germinación pero lo mantuvieron rápido a altas concentraciones; y la estratificación sí (considerando únicamente las semillas que germinaron tras dicho tratamiento).

Especies con nivel de germinación bajo ante los tratamientos: se obtuvieron bajos porcentajes de germinación para las siguientes especies: *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*.

Daphne gnidium presentó un máximo del 33,3% de germinación tras el tratamiento de dos semanas de estratificación fría con semillas sin escarificar en fotoperiodo, existiendo claras diferencias significativas con el control bajo condiciones de fotoperiodo que no mostró ninguna germinación. Los niveles de germinación alcanzados tras la estratificación fueron bajos tanto en semillas escarificadas como sin escarificar, excepto en los tratamiento de dos y dieciséis semanas de estratificación fría fotoperiodo con semillas escarificadas donde tan sólo alcanzaron un nivel muy bajo. El análisis en conjunto de estos dos factores (condiciones de luz y escarificación de la semilla) indicó que la interacción de los dos factores resulta significativa tras dos y ocho semanas de tratamiento pero no a dieciséis, existiendo interacción entre el estado de las semillas y la respuesta germinativa tanto en luz como en oscuridad. El estado de las semillas influyó por tanto en la respuesta germinativa de los tratamientos de estratificación de dos y ocho semanas pero no de dieciséis. Sin embargo al analizar ambos factores por separado sí se apreciaron diferencias significativas para la escarificación de la semilla tras dos semanas de estratificación en frío y para las condiciones de fotoperiodo y oscuridad tras 16 semanas.

Tras tratar las semillas con giberelinas se obtuvieron niveles bajos de germinación que fueron en aumento a medida que se incrementa la concentración de giberelinas (19,2, 26,4 y 27,1% de germinación respectivamente para las concentraciones ya comentadas). Las tres concentraciones mostraron un porcentaje significativamente mayor a su control fotoperiodo que presentó un nulo de germinación, no apreciándose diferencias entre tratamientos.

Las semillas sometidas a escarificación manual incrementaron su nivel de germinación de modo significativo hasta el 11,7% con respecto a su control fotoperiodo donde no se registró germinación. Cuando las semillas de *Daphne gnidium* fueron escarificadas con ácido durante cinco minutos incrementaron significativamente su germinación con respecto al control tanto en condiciones de luz como de oscuridad, alcanzando un máximo del 10% en oscuridad. Sin embargo cuando el tiempo de exposición fue de quince minutos no hubo germinación ni en fotoperiodo ni en oscuridad.

El ritmo de germinación de esta especie fue muy variable mostrándose rápido tras estratificación dos semanas en oscuridad y muy lento tras dieciséis semanas en fotoperiodo,

tanto en semillas escurificadas como sin escurificar; y en el resto de casos se mostró lenta. Si analizamos el ritmo de germinación con la interacción de los dos factores de estudio en la estratificación (condiciones de luz y escurificación), observamos que no existen diferencias significativas en la interacción entre ambos factores, aunque si se analizan por separado se aprecian diferencias para las condiciones de fotoperiodo y oscuridad. Al considerar únicamente las semillas germinadas tras estos tratamientos, el ritmo de germinación se aceleró significativamente, pudiendo ser muy rápido.

Al tratar las semillas con niveles medios y elevados de giberelinas el ritmo de germinación se incrementó significativamente de lento a rápido con respecto a las semillas tratadas con una concentración baja, existiendo diferencias también entre las dos concentraciones mayores aplicadas. Tras la escurificación manual y ácida el t_m de germinación fue de aproximadamente cuatro semanas y media, por que se alcanzó un ritmo de germinación lento.

De este modo, tanto la estratificación (con semillas escurificadas como sin escurificar), las giberelinas (en fotoperiodo), y la escurificación manual y química produjeron un incremento de la germinación de esta especie. Además concentraciones crecientes de giberelinas aceleraron el ritmo de germinación, como ocurrió en las semillas que germinaron tras la estratificación.

Eryngium maritimum mostró su máximo nivel de germinación a las 16 semanas de estratificación en frío bajo condiciones de oscuridad (17,8%), significativamente mayor a su control oscuridad, donde no se obtuvo ninguna germinación; además este tratamiento difirió con todas las demás líneas de estratificación fría. El resto de tratamientos de estratificación mostraron resultados sólo a partir de las ocho semanas de estratificación, siempre con niveles muy bajos y con valores comparativamente más altos en oscuridad que en fotoperiodo, aunque estas diferencias sólo resultaron significativas en el tratamiento de ocho semanas oscuridad cuando se prolongó el tiempo de estudio hasta los tres meses (6,7%).

En esta especie el tratamiento con giberelinas no dio ningún resultado para las tres concentraciones objeto de estudio.

El ritmo de germinación en el tratamiento de estratificación resultó muy lento con t_m de germinación entorno a cuatro meses y medio, sin diferencias significativas entre tratamientos. Si se consideran únicamente las semillas que germinaron tras la estratificación, se mantuvo dicha tendencia.

Por tanto, la estratificación en frío aumentó el nivel de germinación de esta especie a partir de ocho semanas de tratamiento, llegando a ser de nivel bajo cuando prolongamos hasta dieciséis semanas el tratamiento en condiciones de oscuridad, y no modifica su ritmo.

Otanthus maritimus presentó como máxima germinación un nivel bajo (32,8%) tras ser tratada con giberelinas 5mM en oscuridad, porcentaje significativamente mayor al registrado en su control oscuridad (21,4%) que también presentó un nivel bajo. Además difirió con los resultados obtenidos a menores concentraciones. El resto de tratamientos con giberelinas también se analizó en fotoperiodo y oscuridad, mostrando siempre mejores resultados en oscuridad que en fotoperiodo. El mayor porcentaje tras la estratificación fría fue

el obtenido tras dos semanas en fotoperiodo, aunque este fue muy bajo (4,4%) no difiriendo significativamente con el control fotoperiodo. Tampoco existieron diferencias entre las distintas líneas del tratamiento de estratificación. En el caso del tratamiento de escarificación manual se obtuvo un 5% de germinación en condiciones de oscuridad, mientras que en fotoperiodo sólo un 1,4% sin diferencias con su control fotoperiodo donde no se obtuvo ninguna germinación.

Con la mayor concentración de giberelinas el ritmo de germinación se incrementó significativamente de rápido a muy rápido con respecto a las otras dos concentraciones, pasando de un t_m de tres semanas y media en las concentraciones menores a algo más de una semana con la mayor concentración. Tras la escarificación manual el ritmo de germinación se incrementó cuando las semillas se sembraron en oscuridad (muy rápido) a si lo hacen en fotoperiodo (rápido), pero estas diferencias no fueron significativas ya que sus t_m fueron parecidos (algo menos de dos semanas en oscuridad y dos semanas y media para fotoperiodo).

De modo que las giberelinas en oscuridad incrementaron el nivel de germinación de esta especie, especialmente a concentración elevada y la estratificación fría apenas si la estimula. Parece que también la escarificación en oscuridad podría aumentar estos niveles. El ritmo de germinación se vio incrementado con giberelinas a la mayor concentración.

Scolymus hispanicus alcanzó un máximo de germinación del 35% tras ser tratada con dosis elevadas de giberelinas en fotoperiodo, porcentaje significativamente mayor al registrado en su control fotoperiodo que presentó un nivel muy bajo (9,3%). Además la mayor concentración de giberelinas difirió con los resultados obtenidos a menores concentraciones. Del resto de tratamientos con giberelinas también se obtuvieron resultados significativamente mayores al control fotoperiodo, logrando un nivel bajo de germinación. Cuando las semillas fueron escarificadas de forma manual se obtuvo un 17,1% de germinación en condiciones de oscuridad, dato significativamente superior a su control oscuridad, frente a un 12,8% en escarificación fotoperiodo, que no difirió con su control. Tampoco existieron diferencias entre ambos tratamientos de escarificación en fotoperiodo y oscuridad. El mayor porcentaje tras la estratificación fría fue el obtenido tras ocho semanas en fotoperiodo, aunque este fue muy bajo (7,8%) no difiriendo significativamente con el control fotoperiodo. Entre las distintas líneas de tratamientos de estratificación tan sólo existieron diferencias entre dos y ocho semanas en fotoperiodo.

Todos los tratamientos de giberelinas mostraron un ritmo de germinación muy rápido al igual que el control, sólo difiriendo con la menor concentración de giberelinas. Con una concentración elevada, el t_m se situó en una semana, con el resto entre una semana y media a dos. Tras la escarificación manual el ritmo de germinación se incrementó cuando las semillas se sembraron en oscuridad (muy rápido) y disminuyó cuando lo hicieron en fotoperiodo (rápido), siendo estas diferencias significativas con respecto a sus controles que fueron rápidos en oscuridad y muy rápidos en fotoperiodo. Los t_m de las semillas escarificadas fueron parecidos (una semana y media en oscuridad y dos semanas y media para fotoperiodo). Con la estratificación el ritmo fue decreciendo a medida que aumentaban los periodos de frío. Pero esta circunstancia no se dio si observamos los resultados obtenidos tras la estratificación, donde el ritmo se mantuvo rápido o muy rápido.

Por tanto, la adición de giberelinas tanto en fotoperiodo como en oscuridad y la escarificación manual también en ambas condiciones incrementó el nivel de germinación de esta especie. El ritmo de germinación se vio incrementado con giberelinas a la mayor concentración, al igual que con la escarificación oscuridad.

Especies con nivel de germinación muy bajo ante los tratamientos: se obtuvieron muy bajos porcentajes de germinación en al menos uno de los tratamientos aplicados en dos especies: *Corema album* y *Panicum repens*.

Corema album tan solo germinó cuando fue sometida a 240 minutos de escarificación ácida en condiciones de fotoperiodo, mostrando un nivel muy bajo de germinación (1,4%), no difiriendo con el control ni con otras líneas de este tratamiento (5, 15, 30, 60 y 120 minutos), donde no se obtuvo ninguna germinación. El tratamiento de escarificación manual en fotoperiodo no arrojó ningún resultado en esta especie.

El ritmo de germinación durante el tratamiento de escarificación ácida de 240 minutos fue muy rápido con un t_m inferior a una semana.

De este modo *Corema album* sólo germinó tras una escarificación ácida muy prolongada, haciéndolo a un nivel muy bajo, pero a ritmo muy rápido.

Panicum repens alcanzó un 8,6% de germinación tras someter a las semillas a escarificación manual en fotoperiodo, no apreciándose diferencias significativas con su control fotoperiodo que presentó un nivel muy bajo de germinación (5,7%). Cuando se escarificaron estas semillas en oscuridad no se obtuvo ninguna germinación por lo que no difirió con su control oscuridad donde tampoco se registraron germinaciones.

El ritmo de germinación se mantuvo lento tras la escarificación en fotoperiodo con respecto a su control, por lo que sus t_m no difirieron entre si, manteniéndose en torno a las cinco semanas.

De este modo, la escarificación en fotoperiodo no aumentó significativamente el porcentaje ni el ritmo de germinación.

2.3.2. Síntesis de tratamientos

Estratificación en frío

Entre las especies en las que la estratificación en frío facilitó la ruptura de la dormición, se alcanzó un nivel de germinación muy elevado, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, en *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum* (semillas no escarificadas y escarificadas), *Glaucium flavum* e *Iberis procumbens*, elevado en *Scrophularia frutescens* en fotoperiodo, medio en *Euphorbia paralias* y en *Linaria polygalifolia*, en fotoperiodo y oscuridad, y bajo en *Daphne gnidium* (semillas sin escarificar y escarificadas) y *Eryngium maritimum*, en condiciones de fotoperiodo y oscuridad respectivamente (Figura 2.2); en todas ellas se observaron diferencias significativas con el control en uno o varios tratamientos/niveles de estratificación. Entre ellas, la duración de dicho tratamiento no afectó al nivel de germinación final alcanzado en *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*

fotoperiodo (semillas escarificadas y sin escarificar), *Glaucium flavum* (en oscuridad) e *Iberis procumbens*, y sí lo hizo en *Crithmum maritimum* en oscuridad (semillas escarificadas y sin escarificar), *Glaucium flavum* (fotoperiodo), *Scrophularia frutescens*, *Euphorbia paralias*, *Linaria polygalifolia*, *Daphne gnidium* y *Eryngium maritimum* (Tabla 2.1 del anexo). Además, en el caso de *Crithmum maritimum* la escarificación o no de las semillas no modificó su respuesta a la estratificación, mientras que en *Daphne gnidium* sí excepto cuando su duración fue mayor (Tabla 2.2 del anexo).

El ritmo de germinación se incrementó siempre que se aumentó el nivel de germinación en el caso de *Crithmum maritimum*, *Glaucium flavum* e *Iberis procumbens*. En otras especies el aumento del ritmo de germinación sólo se apreció tras finalizar el periodo de frío (*Daphne gnidium*, *Linaria polygalifolia* y *Scrophularia frutescens*), en este caso se encuentra también *Euphorbia paralias*, que bajó su ritmo de germinación durante la estratificación y sólo lo aumentó tras el fin del periodo de frío. En dos especies; *Armeria pubigera* y *Eryngium maritimum* no se apreciaron diferencias significativas en el ritmo de germinación entre el control y las semillas estratificadas (Tabla 2.2 del anexo).

Considerando únicamente las germinaciones producidas con posterioridad a los diferentes niveles de estratificación, en aquellas especies en que se producen, el ritmo de germinación por el contrario se aceleró en la mayoría de los casos (Tabla 2.7 del anexo).

Además, en la mayoría de las especies estudiadas la relación entre el nivel de germinación en fotoperiodo u oscuridad no se modificó con los periodos de estratificación, salvo en *Crithmum maritimum* cuyas semillas escarificadas y sin escarificar germinaron menos en fotoperiodo y más en oscuridad cuando la estratificación es más prolongada, *Eryngium maritimum* en la que las semillas germinaron más en oscuridad con la estratificación y *Glaucium flavum* en fotoperiodo (Tabla 2.3 del anexo); en estos casos, debido a la germinación durante la estratificación, es más difícil de observar cambios en su ritmo. Por tanto, cuando las semillas de *Crithmum maritimum*, *Eryngium maritimum* y *Glaucium flavum* son sometidas a un tratamiento de estratificación pueden modificar su respuesta germinativa en fotoperiodo y oscuridad (en lo que respecta al nivel de germinación).

Giberelinas

Entre las especies en las que las giberelinas facilitaron la ruptura de la dormición, se alcanzó un nivel de germinación muy elevado, en *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum* y *Scrophularia frutescens*, elevado en *Iberis procumbens*, medio en *Euphorbia paralias* y *Linaria polygalifolia*, y bajo en *Daphne gnidium*, *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*; en todos los casos significativamente más elevada que el control (Tabla 2.6 del anexo).

En cuanto al tiempo medio de germinación, en la mayoría de las especies disminuyó cuando lo hizo el nivel de germinación, con todas las concentraciones de giberelinas; excepto en *Linaria polygalifolia* que disminuyó, así como *Glaucium flavum* y *Scolymus hispanicus* que casi no presentaron variación (Tabla 2.10 del anexo).

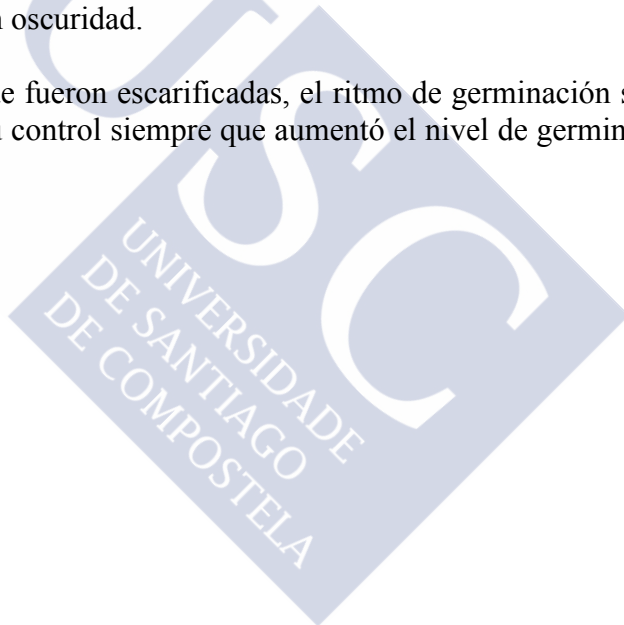
Escarificación

Una escarificación ácida de cinco minutos logró romper la dormición de *Daphne gnidium* en fotoperiodo y oscuridad hasta un nivel muy bajo y en *Corema album* tras 240 minutos en fotoperiodo también hasta un nivel muy bajo (Tabla 2.4 del anexo).

La escarificación manual incrementó el nivel de germinación hasta un nivel medio en *Cistus salviifolius* y bajo en *Crithmum maritimum* fotoperiodo, *Daphne gnidium* fotoperiodo y *Scolymus hispanicus* oscuridad. En *Arctotheca calendula*, *Corema album*, *Otanthus maritimus*, y *Panicum repens* el nivel de germinación no difirió respecto al control, mientras que en *Polygonum maritimum* el tratamiento de escarificación manual disminuyó inicialmente (dos meses) el nivel de germinación, que se ralentizó, alcanzándose finalmente (cuatro meses) un incremento significativo (Tablas 2.4 y 2.5 del anexo).

A excepción de *Corema album* y *Crithmum maritimum*, en todas las especies citadas la escarificación manual fue el mejor método para romper la latencia de la semilla. En tres de ellas *Cistus salviifolius*, *Crithmum maritimum* y *Polygonum maritimum* la escarificación manual en fotoperiodo presentó mejores resultados, mientras que en *Scolymus hispanicus* lo hizo la escarificación manual en oscuridad.

En todas las especies que fueron escarificadas, el ritmo de germinación se incrementó significativamente respecto a su control siempre que aumentó el nivel de germinación (Tablas 2.4 y 2.5 del anexo).



2.4. DISCUSIÓN

2.4.1. Efecto de los tratamientos

Especies en las que la estratificación en frío de la semilla facilita la ruptura de la dormición: *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia* y *Scrophularia frutescens*.

Varios estudios han puesto de manifiesto que el efecto fisiológico de la estratificación en frío sobre la ruptura de la dormición se manifiesta en una disminución en los niveles de ABA, hormona endógena responsable del mantenimiento de la dormición en el embrión (Pinfield *et al.*, 1987; Chien *et al.*, 1998; Chen *et al.*, 2007), y en un incremento de los niveles de giberelinas, hormonas que promueven la germinación (Powell, 1987; Chen *et al.*, 2007). lo que supone una modificación del balance ABA/GA y etileno y/o de la sensibilidad a dichas hormonas (Kępezyński & Sznigir, 2013).

Esta respuesta germinativa de la mayoría de las especies estudiadas supone una reducción del tiempo necesario para salir de la dormición y es acorde con las condiciones ecológicas de su propio medio natural en ambiente atlántico, en el que cortos periodos fríos son habituales en invierno.

Se ha constatado además en la mayoría de las especies una reducción del tiempo medio de germinación después de la estratificación en frío, característica germinativa que ha sido escasamente analizada o resaltada (Pipinis *et al.*, 2012), y que contribuye a garantizar el crecimiento inicial de las plántulas en las condiciones ambientales favorables de primavera, tras el periodo frío invernal, con suficiente precipitación.

La estratificación además modifica la respuesta germinativa en fotoperiodo u oscuridad en tres de las especies estudiadas (*Crithmum maritimum*, *Eryngium maritimum* y *Glaucium flavum*), ampliando su rango de germinación como han encontrado otros autores (Qu *et al.*, 2008); mientras que en las restantes no se modifican (Tabla 2.3. del anexo).

De las especies con nivel de germinación muy elevado tras los tratamientos (>90%), *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Glaucium flavum* e *Iberis procumbens*, incrementaron estos niveles tras un tratamiento de estratificación en frío. Se trata de especies que presentan un gran potencial biológico una vez sufren un periodo de frío. Las condiciones de fotoperiodo u oscuridad una vez se someten a estratificación no parecen tener influencia en la germinación. Además, al tratar sus semillas con giberelinas el nivel de germinación aumenta, especialmente en *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum* e *Iberis procumbens*.

Armeria pubigera aumentó a niveles muy elevados su germinación en los dos tratamientos que se practicaron. Si bien en condiciones de fotoperiodo los controles indican un porcentaje de germinación bajo o intermedio en el caso de condiciones de oscuridad, cuando las semillas se someten a condiciones de frío incrementan significativamente su germinación en ambas condiciones. El ritmo de germinación tras el tratamiento con

giberelinas también se incrementa con respecto al control, mientras que tras la estratificación fría no se aprecian diferencias con respecto al control.

La estratificación fría y el almacenamiento en seco son los métodos más empleados para la ruptura de dormición fisiológica, propia de la familia Plumbaginaceae (Baskin & Baskin, 1998). Los resultados obtenidos a partir del ensayo de estratificación en frío así lo demuestran obteniendo un nivel que oscila entre el 92,2 y el 96,6% de germinación en los tres tratamientos de 2, 8 y 16 semanas (apreciándose un ligero incremento en el tratamiento de 8 semanas), sin apreciarse diferencias significativas entre luz y oscuridad. Así pues, dos semanas en frío son suficientes para estimular la germinación de esta especie. De este modo podemos establecer un tipo de dormición para *Armeria pubigera* a partir de los análisis realizados, pudiendo presentar una dormición fisiológica que se rompe con el tratamiento de estratificación. Atendiendo a la clasificación establecida por Baskin y Bakin (2004ab), podemos diferenciar tres niveles de dormición fisiológica (profunda, intermedia y no profunda), *Armeria pubigera* presentaría una dormición fisiológica no profunda, ya que su germinación se promueve con estratificación fría de corta duración, sin llegar a una estratificación de dos a tres meses que correspondería ya a un nivel intermedio de dormición fisiológica. Así se comprueba tras realizar el tratamiento con giberelinas, que ya con una concentración 0,1mM presenta una germinación del 99,2%.

De las especies con nivel de germinación muy elevado tras los tratamientos (>90%), en *Crithmum maritimum* todos los tratamientos que le fueron aplicados, mejoraron la germinación con respecto a los controles; tanto la estratificación (tanto en condiciones de luz como de oscuridad y de semillas escarificadas y sin escarificar) como las giberelinas (en fotoperiodo) o en una menor medida con la escarificación manual. El ritmo de germinación también se incrementa con estos tratamientos, puesto que periodos inferiores a ocho semanas de frío y giberelinas aceleran el ritmo de germinación con respecto al control inicial; aceleración que se aprecia también en las semillas que germinan tras el periodo de frío, en casi todos los casos.

Los resultados obtenidos parecen concordar con los ya existentes; Okusanya (1977) apreció que la estratificación en frío incrementa el rango para la germinación de las semillas de *Chrithmum maritimum*. Marchioni-Ortu & Bocchieri, (1984) indican que el almacenamiento en seco a temperatura ambiente estimula la germinación en las semillas de *Chrithmum maritimum*. Estos mismos autores atribuyen una dormición morfofisiológica a esta especie tras realizar un tratamiento con agua tibia durante 120 días, detectando también un predominio de la germinación en condiciones de luz.

En nuestro tratamiento de estratificación, el porcentaje de germinación fue muy alto, aunque ligeramente superior en las semillas escarificadas, alcanzando un 100% de germinación en semillas escarificadas en oscuridad tras dieciséis semanas de estratificación. Aunque este dato no es uniforme ya que también en semillas escarificadas podemos encontrar porcentajes del 98,8% tras sólo dos semanas de estratificación y en condiciones de fotoperiodo. Las semillas sometidas a estratificación germinaron en su mayoría durante el periodo de frío y por tanto bajo condiciones de oscuridad.

Por tanto, esta especie parece presentar dormición fisiológica no profunda que podría ser superada con el almacenamiento en seco, con la escarificación manual o con estratificación fría dado que periodos cortos de estratificación promueven su germinación.

Aunque la dormición morfofisiológica es típica de la familia Umbelliferae (Baskin & Baskin, 1998), en nuestro estudio no hemos abordado el estudio del crecimiento del embrión. No obstante, esta especie podría presentar también un componente de dormición morfofisiológica en el que habría que profundizar. De hecho, tras nuestro tratamiento con giberelinas se obtienen altos porcentajes de germinación entorno al 92% con una concentración 1mM, por lo que se ajustaría bastante a una dormición morfofisiológica no profunda compleja.

La estratificación en frío produce un incremento de la germinación en *Glaucium flavum* con respecto al control tanto en condiciones de fotoperiodo como de oscuridad. Apreciándose un incremento del ritmo de germinación en las semillas que germinan tras este tratamiento.

Baskin & Baskin (1990a) atribuyen a las semillas de *Glaucium flavum* recién maduras dormición morfológica y morfofisiológica. Para otros autores como Thanos *et al.*, (1989), que estudió poblaciones mediterráneas de esta especie, presentan sólo dormición morfológica que se rompe tras de 20 días de estratificación en frío, y las semillas germinan al 50% o más a 15-35°C. Este autor ya indicó que el 80 % o más de las semillas germinan en oscuridad a 5, 10, 15°C, pero es inferior al 40% a 20, 25, 30°C. Previamente Okusanya (1979) ya expuso que la estratificación en frío favorecía la germinación de semillas de *Glaucium flavum*. En línea con lo dispuesto en la bibliografía, nuestro tratamiento de estratificación fría estimuló la germinación de las semillas, siendo el porcentaje cercano o mayor al 90% y difiriendo todos significativamente con su control tanto en fotoperiodo como en oscuridad. La totalidad de las semillas germina durante el periodo de frío y por tanto en oscuridad, siendo los niveles más elevados los correspondientes a oscuridad. Dado que no se ha realizado un estudio del crecimiento del embrión, sólo podemos confirmar la dormición fisiológica no profunda para esta especie.

No obstante, no hay que descartar la dormición morfofisiológica que podrían presentar parte de las semillas de esta especie, teniendo en cuenta que la adición de giberelinas hasta concentraciones medias no incrementa el nivel de germinación de esta especie con respecto al control, podríamos estar ante un nivel de dormición morfofisiológica; profunda compleja, que se atribuyen a aquellas especies que no necesitaron estratificación por calor para romper la dormición ni para estimular el crecimiento de su embrión pero si estratificación fría (Baskin & Baskin, 2004a,b).

Iberis procumbens aumenta su nivel de germinación tras la estratificación fría (tanto en condiciones de luz como de oscuridad). Además, todas las germinaciones se produjeron durante el almacenamiento en frío y por tanto bajo condiciones de oscuridad. Así mismo, la estratificación aumenta ligeramente el ritmo de germinación con respecto al control inicial aunque manteniéndose en un ritmo muy rápido. Sabemos que la familia Cruciferae presenta en la mayoría de los casos una dormición fisiológica (Baskin & Baskin, 2004b; Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006) y en algunas especies halófitas en particular (Thanos *et al.*, 1991, 1994).

A la vista de los resultados, esta especie parece presentar dormición fisiológica no profunda ya que dos semanas de estratificación fría son suficientes para promover su germinación y ve aumentado su nivel de germinación tras el tratamiento con giberelinas (en fotoperiodo).

A pesar de ello habría que revisar esta clasificación con más detalle ya que tras realizar el tratamiento de almacenamiento a corto plazo, se obtuvo un 18,57%, frente al 0% del control de semillas de ese año. Este dato revela que el tiempo de maduración del embrión es un factor importante para *Iberis procumbens*. Por lo que otra hipótesis sería que esta especie pudiese presentar un componente de dormición morfológica junto con el de fisiológica no profunda.

De las cuatro especies que presentan niveles de germinación muy altos tras la estratificación en frío (*Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Glaucium flavum* e *Iberis procumbens*), todas parecen presentar semillas con dormición fisiológica no profunda. Aunque en *Crithmum maritimum*, *Glaucium flavum* e *Iberis procumbens* podría haber un componente de dormición morfofisiológica que necesita ser aclarado.

Eryngium maritimum y *Euphorbia paralias* son otras dos especies donde la estratificación en frío facilita la ruptura de la latencia. En la primera el nivel de germinación fue bajo (17,7%) y en la segunda medio (52,2%). Además, en ambas el porcentaje de germinación aumenta a medida que prolongamos el tiempo del tratamiento en frío, de modo que los resultados más altos se dan tras someter a las semillas a 16 semanas en estratificación frío, mostrando en ambas también mejores resultados en oscuridad que en fotoperiodo.

Euphorbia paralias aumenta su nivel de germinación con la estratificación y a medida que aumenta el periodo de frío esta se incrementa más, alcanzando niveles medios a las dieciseis semanas, tanto en condiciones de fotoperiodo como de oscuridad. La germinación fue mayor bajo condiciones de oscuridad en los tres tratamientos de estratificación. El ritmo de germinación decrece durante el periodo de frío, y se incrementa en las semillas que germinan tras dicho tratamiento.

La dormición fisiológica es típica de la familia Euphorbiaceae y del género *Euphorbia*. La mayoría de los trabajos realizados en este género coinciden en la ruptura de la dormición a través de un pretratamiento con estratificación fría, y posterior siembra con temperaturas que oscilan entre los 20-35°C según la especie (Selleck & Coupland, 1954, Voigt, 1977 y Baskin & Baskin, 1979). La adición de giberelinas aumenta gradualmente los niveles de germinación a medida que aumentamos la concentración de las mismas, alcanzando a una concentración elevada un nivel medio de germinación.

Estos datos y la influencia de la estratificación fría en la germinación de esta especie concuerdan con trabajos anteriores, por lo que podemos deducir esta especie podría presentar una dormición fisiológica intermedia, ya que requieren un periodo 2-3 meses de estratificación fría y las giberelinas pueden promover la germinación en algunas de ellas, no en todas.

Eryngium maritimum no presentó germinación alguna en los controles de fotoperiodo y oscuridad, pero al someter sus semillas a estratificación fría aumentó su nivel de germinación a partir de ocho semanas de frío, llegando a ser de nivel bajo cuando prolongamos hasta dieciséis semanas el tratamiento en condiciones de oscuridad. A partir de las ocho semanas de tratamiento, cuando prolongamos el tiempo de estudio hasta los tres meses se aprecia que en los tratamientos en oscuridad la germinación es más elevada que en fotoperiodo. El ritmo de germinación durante el tratamiento de estratificación fue muy lento.

Para Baskin & Baskin (1998), la familia Umbelliferae posee una dormición que varía entre morfológica y morfofisiológica según la especie. El género *Eryngium* posee según varios autores una dormición morfofisiológica que puede ser rota con estratificación en frío (Greene & Curtis, 1950, Hammouda & Bakr, 1969). En otros estudios, Walmsley & Davy (1997) indican que las semillas de *Eryngium maritimum* germinan tras un tratamiento de estratificación en frío de 16-19 semanas a 20/10°C y con mayor actividad bajo condiciones de luz que de oscuridad, alcanzando un nivel del 40%. En línea con trabajos previos, en nuestro estudio los tratamientos con estratificación fría también dieron resultados aunque con un nivel de germinación más bajo y en condiciones de oscuridad (17,7%). Esta mayor germinación en condiciones de oscuridad no resulta concordante con lo expuesto por Walmsley & Davy (1997) para *Eryngium maritimum*, ya que encuentran que esta especie germina mejor en condiciones de luz que de oscuridad. Además, se observan algunas diferencias que no se manifestaron cuando se sembraron las semillas sin ningún pretratamiento ya que no hubo germinación, y es que si las semillas sufren una larga estratificación germinarían mejor las semillas en oscuridad (enterradas) que aquellas que estén en superficie. Pertenería pues, al grupo de especies donde la luz no favorece la germinación, siendo su enterramiento un mecanismo de protección a la espera de las mejores condiciones para la germinación. Si bien hay que tener en cuenta que estos son los resultados tras una temperatura constante de 4°C durante un largo periodo, que rara vez se alcanza en estos hábitats en invierno. Por otro lado, los tratamientos con giberelinas realizados a esta especie no dieron ningún resultado para las tres concentraciones objeto de estudio.

En la dormición morfofisiológica los embriones subdesarrollados tienen dormición fisiológica. Este tipo de dormición puede romperse con estratificación en frío, por lo que en las especies con esta dormición, la maduración de su embrión juega un papel importante. En nuestro estudio, si atendemos al tratamiento de almacenamiento a corto plazo de dos años con las semillas de primer año, la germinación fue nula, incluso tratando posteriormente esas semillas con estratificación fría durante 16 semanas y en oscuridad (tratamiento donde se habían alcanzados los mayores resultados). Esto deja entrever la posibilidad de que la semilla pierda viabilidad durante el almacenamiento a corto plazo, lo cual deja en el aire la hipótesis de embriones subdesarrollados; aunque otra posibilidad es que tras el almacenamiento la especie haya modificado su tipo de dormición.

Por lo descrito anteriormente, *Eryngium maritimum* podría poseer una dormición fisiológica profunda, puesto que son necesarios periodos superiores a 2-3 meses de estratificación fría para romper su dormición y las giberelinas no promueven la germinación. No obstante, no habría que descartar una dormición morfofisiológica que podría ser profunda compleja, ya que esta dormición se atribuye a aquellas especies que no necesitaron estratificación por calor para romper su dormición ni para estimular el crecimiento de su

embrión, pero si estratificación fría y además no germinan con la ayuda de giberelinas Baskin y Baskin (2004a,b).

Al igual que *Eryngium maritimum*, *Daphne gnidium* no presentó germinación alguna en los controles de fotoperiodo y oscuridad, pero al someter sus semillas a estratificación fría aumenta su nivel de germinación. Tanto la estratificación (con semillas escarificadas como sin escarificar), la escarificación manual y química producen un incremento de la germinación de esta especie. En el caso de la estratificación fría; el lote de semillas escarificado presentó un porcentaje de germinación algo menor al de semillas no escarificadas manualmente. Los tratamientos que mejores porcentajes presentaron en ambos casos fueron los de dos y ocho semanas, aunque no superaron el 34% de germinación, existiendo interacción entre el estado de las semillas y la respuesta germinativa tanto en fotoperiodo como en oscuridad. El estado de las semillas influye por tanto en la respuesta germinativa de los tratamientos de estratificación de dos y ocho semanas pero no de dieciséis. Sólo las semillas que germinaron tras la estratificación aceleran su ritmo de germinación.

Mediante escarificación manual se obtuvo un 11,6% de germinación valor significativamente diferente a su control. El porcentaje es similar cuando sometemos las semillas a escarificación ácida (10%) tanto en condiciones de fotoperiodo como de oscuridad, alcanzando un máximo en oscuridad. Sin embargo cuando el tiempo de exposición es de quince minutos la semilla se deteriora en exceso y no hay germinación ni en fotoperiodo ni en oscuridad. Los niveles alcanzados tras la escarificación manual y ácida indican que la cubierta de la semilla de esta especie no es el factor más limitante para su germinación. Igual ocurre al tratar las semillas con giberelinas, obteniéndose niveles bajos de germinación que van en aumento a medida que se incrementa la concentración de giberelinas.

Estudios anteriores concuerdan con nuestros resultados; trabajos realizados por Zuur-Isler (1982) con *Daphne striata*, muestran que la escarificación y/o las giberelinas rompen la dormición en esta especie, al igual que la estratificación fría (Zhang & Smagula (2000) con *Daphne mezereum*), atribuyéndole igualmente una dormición fisiológica. Según Baskin & Baskin (1998) las Thymeleaceas de zonas templadas presentan una dormición fisiológica, como así indican trabajos previos con otros géneros de esta familia (Shaltout & El-Shorbagy, 1989, Kilian & Cowling, 1992 y Pierce & Moll, 1994). Todos los tratamientos aplicados a esta especie rompen la dormición de la semilla pero los niveles de germinación son bajos. Esto podría ser debido a requerimientos adicionales, como la estratificación cálida, característica de arbustos mediterráneos (APAT, 2003), o podría deberse a que estas semillas presenten un componente de dormición morfofisiológica (entorno al 70% a tenor de los resultados), presentando el resto un embrión desarrollado que respondería así a los tratamientos pudiendo presentar una dormición fisiológica no profunda, Baskin & Baskin (2004a,b).

En el caso de *Linaria polygalifolia* logra su mayor porcentaje de germinación cuando es tratado con giberelinas 5mM (49,3%), aunque significativamente similar al obtenido tras la estratificación fría. La estratificación (en fotoperiodo y en oscuridad) produce un incremento de la germinación de esta especie, hasta niveles medios. Tras la estratificación en frío el porcentaje se elevó hasta un máximo de 46,6% en el tratamiento de 2 semanas en oscuridad, aunque los datos en los tres tratamientos no presentaron grandes diferencias, tampoco las

hubo entre fotoperiodo y oscuridad. La estratificación acelera el ritmo de germinación cuando consideramos únicamente las semillas que han germinado tras dicho tratamiento.

Para Baskin *et al.*, (1993) algunas halófitas de esta familia salen de su latencia con estratificación en frío. Maguire & Overland (1959) y Nadeau & King (1991) trabajaron con otras especies del género *Linaria*, observando en ellas una dormición fisiológica que se rompe al someterlas a estratificación fría. Teniendo en cuenta los datos de nuestro estudio, parece confirmarse lo que apunta la bibliografía y esta especie podría poseer dormición fisiológica. Como ya hemos citado, el análisis con giberelinas (en fotoperiodo), producen un incremento de la germinación de esta especie hasta niveles medios respecto a su control, este dato y el hecho de que bastan dos semanas de frío para incrementar la germinación hasta niveles medios indica que puede tratarse de una dormición fisiológica no profunda (Baskin & Baskin, 2004a,b).

Scrophularia frutescens aumenta su nivel de germinación con respecto a su control hasta niveles elevados, cuando se somete a estratificación fría a partir de ocho semanas en fotoperiodo. Además, la estratificación acelera el ritmo de germinación si se consideran únicamente las semillas que germinan tras dicho tratamiento.

La mayoría de los autores atribuyen una dormición fisiológica a la familia Scrophulariaceae y a la mayoría de los géneros de esta familia. Algunas halófitas de esta familia salen de su latencia con estratificación en frío, como consecuencia de esto la temperatura mínima de germinación disminuye (Baskin *et al.*, 1993b). Estos datos concuerdan con nuestros resultados, constatando que la estratificación en frío puede romper la dormición de esta especie.

En esta especie el almacenamiento en seco con semillas de tercer año dio como resultado un nivel de germinación medio (55,71%), según los resultados del capítulo anterior, por lo que a las semillas les basta un periodo de almacenamiento en seco para romper su latencia. Además una concentración intermedia de giberelinas en fotoperiodo incrementa la germinación con respecto al control. A la vista de los datos podríamos atribuir a esta especie una dormición fisiológica no profunda (Baskin & Bakin, 2004a,b).

Especies en las que las giberelinas facilitan la ruptura de la dormición: *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*.

De todas ellas, el tratamiento con giberelinas demuestra ser el mejor método para romper la dormición en *Scolymus hispanicus*. En esta especie, los resultados tras la estratificación fría no difirieron significativamente con los controles (apenas 7,8% tras ocho semanas en fotoperiodo). Sin embargo el tratamiento de giberelinas 5mM arroja los mejores resultados (35%). Cuando escarificamos las semillas de *Scolymus hispanicus* se incrementa el nivel de germinación de esta especie tanto en fotoperiodo como en oscuridad. El ritmo de germinación se ve incrementado con la escarificación en oscuridad, al igual que con la mayor concentración de giberelinas.

La familia Compositae suele tener dormición fisiológica (Baskin & Baskin, 1998). Muchas especies del género *Scolymus* son cardos bienales, cuyas semillas presentan dormición física y fisiológica, aunque la más común es la fisiológica y la mayoría requieren estratificación en frío para romper su latencia (Le Houérou, 1993 y Soriano, 1992). Sin embargo en nuestro estudio la estratificación fría produce unos niveles muy bajos de germinación.

Según los resultados del tratamiento con giberelinas, esta especie podría poseer una dormición fisiológica intermedia, ya que las giberelinas promueven la germinación en algunas pero no en todas las semillas, como proponen Baskin & Bakin, (2004a,b).

Por otro lado, *Otanthus maritimus* presenta un nivel bajo de germinación que apenas resulta estimulada cuando es sometido a tratamientos como estratificación fría (hasta un máximo de 4,4%) o escarificación manual en oscuridad (5%), por lo que la cubierta de la semilla no supone un factor limitante en la germinación de esta especie. Sin embargo tras tratar las semillas con giberelinas 5mM en oscuridad se obtuvo un 32,8%, valor significativamente superior al control oscuridad de primer año. Las hormonas sí que rompen la dormición pero no parece un valor muy elevado si lo comparamos con dicho control oscuridad. El ritmo de germinación también resulta incrementado con giberelinas a la mayor concentración.

Para Thanos *et al.*, (1991) la fotoinhibición de las semillas de *Otanthus maritimus* impide la germinación sobre la superficie del suelo/arena, mientras que cubiertas por suelo/arena (por tanto en oscuridad) podrían germinar (Thanos *et al.*, 1994 y Keren & Evenari, 1974). Estos datos concuerdan con nuestros resultados donde los tratamientos de oscuridad presentaron mayores resultados de germinación que en fotoperiodo.

Puesto que la familia Compositae posee una dormición fisiológica (Baskin & Baskin, 1998). A tenor de lo resultados *Otanthus maritimus* podría poseer una dormición fisiológica no profunda.

En el resto de especies, los resultados de nuestro estudio con giberelinas son concordantes con la información disponible sobre algunas de estas especies. Así, en *Crithmum maritimum* Atia *et al.* (2009) encuentran este efecto estimulador de la germinación, atenuando el efecto adverso sobre la misma de la salinidad (que a su vez reduce el contenido de estimuladores de la germinación, incrementando los niveles de ABA). De modo similar, Foley & Chao (2008) encuentran que las giberelinas son muy efectivas en la ruptura de la dormición de las semillas de *Euphorbia esula*, efecto que resulta independiente de la temperatura; y Zuur- Isler (1982) en *Daphne striata* muestra que la escarificación y/o las giberelinas rompen la dormición en esta especie, al igual que la estratificación fría, atribuyéndole una dormición fisiológica. En el resto de las especies, nuestros resultados constituyen una nueva aportación en relación con el efecto de las giberelinas en la germinación, nivel y ritmo de sus semillas.

El efecto fisiológico de las giberelinas se interpreta según Foley & Chao (2008) según el balance de hormonas ABA:GA, más que en su nivel absoluto, que regula la dormición y la germinación (Cadman *et al.*, 2006); de modo que ABA es un regulador positivo de la inducción y mantenimiento de la dormición, reduciendo la movilización de reservas,

restringiendo la disponibilidad de nutrientes (Garcarrubio *et al.*, 1997), inhibiendo el crecimiento potencial del embrión (Debeaujon & Koornneef, 2000); mientras que GA promueve la germinación incrementando el potencial de crecimiento del embrión (Kucera *et al.*, 2005). En este sentido, según Cadman *et al.*, (2006) y Finch-Savage & Leubner-Metzger, (2006) la dormición y la germinación estarían reguladas por dichas hormonas, cuyo balance se vería afectado por factores ambientales como la temperatura, de lo que resultaría un ciclo de dormición, de modo que para muchas especies las giberelinas (GA₃) son los reguladores de crecimiento más efectivos para inducir la germinación, y su actividad resultará estimulada por temperaturas alternantes (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006; Foley & Chao, 2008). Estudios proteómicos más recientes (Graeber *et al.*, 2012) apuntan la posibilidad de que dicha efectividad esté relacionada además con cambios en los procesos oxidativos en las semillas.

Especies donde la escarificación facilita la ruptura de la dormición: *Cistus salviifolius*, *Crithmum maritimum*, *Corema album*, *Polygonum maritimum* y *Scolymus hispanicus*.

En nuestro estudio, el tratamiento de escarificación demuestra ser el más indicado para romper la dormición de *Cistus salviifolius* y *Polygonum maritimum*. *Cistus salviifolius* aumenta su nivel de germinación, hasta un nivel intermedio cuando sus semillas son escarificadas manualmente en fotoperiodo, tras este tratamiento el ritmo de germinación aumenta de modo significativo hasta un nivel muy rápido con respecto al control.

La familia Cistaceae y *Cistus salviifolius*, presentan dormición física (Thanos & Georghiou, 1988). Trabaud & Oustric (1989b) indican que el calor seco (110°C durante 9 minutos) facilita la ruptura de la dormición física de las semillas de *Cistus salviifolius*. En nuestro caso no se realizó el tratamiento de calor seco ya que el fruto que en esta especie es el que confiere la mayor parte de la impermeabilidad a la semilla es abierto manualmente. En nuestro trabajo los frutos fueron recogidos en su punto óptimo de maduración cuando el calor del verano agrieta y abre la superficie del fruto, dejando a la vista las numerosas semillas, estos frutos son almacenados en seco durante seis meses, y las semillas son extraídas de los frutos abiertos para su siembra. De este modo el almacenamiento en seco dio como resultado hasta un 47,8% de germinación en fotoperiodo para las semillas de segundo año, los otros dos años de estudio dieron resultados incluso más bajos, el porcentaje de germinación es menor a lo esperado para los tres años para tratarse de una dormición física. Al realizar un tratamiento de escarificación manual con las semillas de tercer año de estudio observamos que existen diferencias significativas entre el control (33,6%) y el tratamiento de escarificación (48,5%), aunque quizá menores a lo que cabría esperar. Podríamos asumir que la impermeabilidad realmente limitante para la germinación es la que le confiere el fruto ya que la escarificación de la envuelta de la semilla sólo aumenta un 15% su germinación. Lo cual parece indicar que tras las cubiertas impermeables de fruto y semilla puede haber otro factor que mantenga en torno a la mitad de las semillas en latencia. Tras el análisis de los resultados, suponemos que esta especie podría presentar dormición física, concordando con los autores anteriormente citados.

Como se ha comentado anteriormente la estratificación en frío demuestra ser el tratamiento más indicado para romper la dormición de *Crithmum maritimum*, no obstante, la escarificación manual también facilita la ruptura de la dormición en esta especie.

Las semillas de *Polygonum maritimum* presentan un comportamiento diferente ante la escarificación manual y la estratificación fría; la escarificación en fotoperiodo produce un incremento de la germinación hasta niveles elevados respecto al control. Por el contrario la estratificación fría mantiene el nivel de germinación de esta especie en fotoperiodo pero lo ralentiza alcanzando resultados similares al control fotoperiodo tan solo tras el tratamiento de dieciséis semanas de estratificación fría en fotoperiodo, la ralentización de la germinación es pues evidente cuando sometemos a esta especie a condiciones de frío. El tratamiento de estratificación, muestra un patrón de germinación creciente a medida que aumenta el periodo de almacenamiento en frío, pasando de un 7,7% (2 semanas) a un 46,6% (8 semanas) y finalmente a un 54,4% (16 semanas). En este tratamiento en frío igualmente los datos de germinación en oscuridad son siempre inferiores, pero sin embargo hay germinación en ellos; lo que revela que a pesar de estas condiciones poco propicias de oscuridad, la EF consigue estimular la germinación de las semillas ya que en el control oscuridad no hubo germinación. Tras la escarificación el ritmo de germinación se incrementa llegando a ser muy rápido, mientras que el frío retrasa la germinación dando un ritmo muy lento.

Baskin & Baskin (1998) indican que la familia Polygonaceae posee una dormición fisiológica, así parece confirmarse con los estudios elaborados para el género *Polygonum*, donde la mayoría de los autores atribuyen a este género esta dormición. En la mayoría de los casos la estratificación fría es el principal vehículo para romper la latencia de *Polygonum* spp. y donde prevalecen las condiciones de luz frente a las de oscuridad para la germinación. Staniforth & Cavers (1979) indican que las semillas de *Polygonum* spp. pierden su latencia durante la estratificación en frío, pero ellas vuelven al estado de latentes si se secan al aire libre a temperatura ambiente. Para Bouwmeester & Karssen (1992, 1993) y Courtney (1968) la semilla de *Polygonum* spp. podría entrar en latencia cuando se eleva la temperatura y sólo se rompería cuando bajan. Podemos confirmar lo expuesto en la bibliografía para esta especie en cuanto a la preferencia de luz para germinar, ya que en el ensayo en oscuridad no se obtuvo ninguna germinación. Sin embargo los datos obtenidos para esta especie tras la estratificación fría no están completamente en consonancia con la bibliografía; en los diferentes tratamientos aplicados, obtenemos unos datos de germinación elevados, siendo el control fotoperiodo del primer año el que registró el porcentaje más alto (95%) tan sólo con un corto almacenamiento en seco previamente. Sin embargo la estratificación fría fotoperiodo con semillas de un segundo año tan solo consigue mantener los niveles de germinación tras dieciséis semanas de frío y hasta niveles no tan elevados como los del control fotoperiodo del primer año.

A la vista de los datos, el almacenamiento en seco rompería la latencia de la semilla, al igual que la escarificación, por lo que la especie podría presentar una dormición fisiológica no profunda Baskin & Baskin (2004a,b).

Con respecto a *Corema album*, esta especie presentó cierto nivel de germinación, muy bajo, ante la escarificación ácida. Durante los controles fotoperiodo y oscuridad de *Corema album* no se obtuvo ninguna germinación. *Corema album* fue sometida a escarificación manual y ácida. En la primera no se obtuvo ninguna germinación y en la escarificación ácida tan solo tras 240 minutos y en condiciones de fotoperiodo, aunque mostrando un nivel muy bajo de germinación (1,4%), produciéndose a un ritmo muy rápido. El hecho de que *Corema album* sólo germine tras una escarificación ácida muy prolongada habla de la resistencia que le confiere su dura testa y de la interdependencia existente con los depredadores frugívoros de esta especie. Conocemos que el mirlo y especialmente la gaviota son los principales agentes

de dispersión de sus semillas (Calviño-Cancela, 2005), por lo que deducimos el importante papel que deben desempeñar los ácidos gástricos de estas aves en la ruptura de la dormición de la semilla.

Otro género de la familia Empetraceae, el género *Empetrum* posee en algunos casos dormición fisiológica (Baskin *et al.*, 2002). En trabajos realizados por Grime, (1974) con *Empetrum nigrum* las semillas fueron tratadas con ácido antes de ser puestas dos meses en estratificación en frío, revelando una dormición fisiológica para esta especie. Según lo propuesto por Grime, (1974) con *Empetrum nigrum*; se realizó un escarificación ácida seguida de una estratificación en frío para los tiempos empleados en los tratamientos de estratificación, sin embargo no se obtuvieron resultados, por lo que no podemos confirmar lo obtenido por Grime, (1974) en *Corema album*.

No disponemos de datos suficientes para deducir el tipo de dormición a partir de los análisis realizados. A pesar de que habría que seguir investigando sobre esta especie podríamos atribuirle una dormición física que puede ser vencida parcialmente con una escarificación ácida prolongada.

Especies donde los tratamientos aplicados no facilitan la ruptura de la dormición: *Arctotheca calendula* y *Panicum repens*, pudiendo incluirse también *Corema album*.

Arctotheca calendula presentan un elevado nivel de germinación. La escarificación manual de las semillas de *Arctotheca calendula* en oscuridad aumenta el porcentaje de germinación, aunque se mantiene en niveles elevados igual que el control. El ritmo de germinación sí que aumenta significativamente tras el tratamiento. Los mayores resultados se alcanzan en la escarificación en oscuridad y a pesar de ello no hay diferencias significativas con el control. En la escarificación fotoperiodo incluso son menores a los obtenidos en su control. Por tanto, la escarificación manual no parece ser el tratamiento más idóneo para superar una posible dormición. La familia Compositae posee dormición fisiológica y cabría pensar que el género *Arctotheca* también. Los niveles de germinación obtenidos en los controles fotoperiodo y oscuridad muestran unos porcentajes de germinación elevados; lo cual indica que podría tratarse de una especie sin dormición o con una dormición fisiológica no profunda. Sin embargo no podemos deducir el tipo de dormición a partir del análisis realizado, aunque dado su carácter de especie invasora (Romero, 2007) y a tenor de los datos sus semillas podrían no poseer dormición.

Por otro lado, *Panicum repens* se encuentra entre las especies con niveles muy bajos de germinación tras los tratamientos. Es de destacar que no germina bajo condiciones de oscuridad, la escarificación manual tampoco logra romper su dormición en oscuridad. Sin embargo en fotoperiodo alcanza un 8,6% de germinación aunque sin apreciarse diferencias significativas con su control fotoperiodo. El ritmo de germinación se mantuvo lento tras la escarificación. La escarificación de la cubierta no desencadena por tanto la ruptura de la dormición y deben ser otros factores los que hacen que la semilla supere su latencia.

Las Gramíneas suelen presentar dormición fisiológica no profunda, que puede romperse con estratificación (Baskin & Baskin, 1998) esto se deduce porque las Gramíneas en general no requieren extensos periodos de estratificación en frío para aumentar sus porcentajes de germinación. En nuestro estudio los bajos porcentajes de germinación en los

controles fotoperiodo son escasos, por lo que todo parece apuntar a que es necesario un periodo de frío para romper la dormición en esta especie. Por tanto no poseemos datos suficientes para deducir una dormición para *Panicum repens* por lo que serían necesarios ensayos de estratificación fría y hormonas para determinar el tipo de dormición y saber si se ajusta a la dormición fisiológica típica de su familia. Sobre todo, si tenemos en cuenta que el almacenamiento a corto plazo de las semillas de *Panicum repens* muestra un 39,28% de germinación, nivel muy superior a su control fotoperiodo (5,7%), esto revela la importancia de un periodo posiblemente de maduración del embrión a la hora de la germinación de la semilla y abre la puerta a algún otro tipo de dormición, que debe ser estudiada.

2.4.2. Dormición

Catorce de las dieciséis especies objeto de estudio (*Armeria pubigera*, *Cistus salviifolius*, *Corema album*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus*, *Panicum repens*, *Scrophularia frutescens* y *Scolymus hispanicus*) no presentaron en condiciones de su propio medio natural (Capítulo I) germinación elevada ni en fotoperiodo ni en oscuridad, manteniendo esta condición al analizar la variabilidad interanual e incluso con el almacenamiento a corto plazo; manifestando de esta forma algún tipo de dormición. Según Baskin & Baskin (1998, 2004a,b), la necesidad de un menor o mayor periodo de estratificación en frío para la ruptura de la dormición y/o la respuesta germinativa a las giberelinas, entre otros, permiten diferenciar/reconocer los tres niveles de dormición fisiológica establecidos previamente por Nikolaeva (1977). Así, en las semillas con dormición fisiológica no profunda ésta puede romperse tras periodos relativamente cortos de estratificación, y las giberelinas promueven la germinación. Este es el caso de *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Glaucium flavum* (en este caso el efecto se constata solamente con la estratificación, ya que la mayor concentración de giberelinas no se ha ensayado), *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia* (que no alcanza un nivel elevado de germinación), *Daphne gnidium* (que tampoco alcanza un nivel elevado de germinación) y *Scrophularia frutescens*. En todas ellas su dormición fisiológica no profunda facilita la sincronización en la germinación con los periodos de precipitación en las condiciones atlánticas favorables además para la supervivencia de plántulas; como ha encontrado también Copete *et al.*, (2009) en *Ziziphora aragonensis* Pau.

En el caso de *Armeria pubigera* esta es la respuesta que cabría esperar, ya que la estratificación fría y el almacenamiento en seco son los métodos más empleados para la ruptura de dormición fisiológica, propia de la familia Plumbaginaceae (Baskin y Baskin, 1998, 2004b). En relación con *Crithmum maritimum*, los mismos autores indican una dormición morfofisiológica para esta especie y también para otras Apiaceae halófitas; como ha sido indicado también por Scholten *et al.*, (2009); así como para *Glaucium flavum* y otras Papaveraceae, en cuyo caso señalan que parte de las semillas presentan únicamente dormición morfológica. En nuestro caso no se ha abordado el estudio del crecimiento del embrión, por lo que únicamente se confirma la dormición fisiológica de las semillas de ambas especies. En un caso similar se encuentra *Daphne gnidium* que presenta dormición fisiológica no profunda en parte de sus semillas y podría poseer dormición morfofisiológica en un porcentaje de las mismas. En el caso de *Iberis procumbens* la dormición fisiológica está bien representada en la familia Cruciferae en general (Baskin & Baskin, 2004b; Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006) y en algunas especies halófitas en particular (Thanos *et al.*, 1991,

1994), y más concretamente una dormición fisiológica de tipo no profunda ha sido descrita en *Iberis pectinata* (Copete *et al.*, 2009). *Linaria polygalifolia* y *Scrophularia frutescens* pertenecen a la familia Scrophulariaceae, a la cual se le atribuye una dormición fisiológica. Además, algunas otras halófitas de esta familia también salen de su latencia con estratificación en frío.

De acuerdo con Baskin y Baskin (2004a,b), las semillas con dormición fisiológica intermedia requieren un periodo más largo de estratificación (2-3 meses) y las giberelinas pueden promover la germinación en algunas de ellas, no en todas. Este es el caso de *Euphorbia paralias*

Finalmente de acuerdo con los autores anteriormente mencionados, las semillas con dormición fisiológica profunda requieren un periodo más largo de estratificación (2-3 meses) y las giberelinas no promueven la germinación. Este es el caso de *Eryngium maritimum*, cuya dormición fisiológica ha sido puesta en evidencia por Walmsley & Davy (1997).

Entre las especies estudiadas y con los tratamientos realizados el tipo de dormición no se ha aclarado suficientemente en *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*, puesto que las giberelinas incrementan su germinación pero la estratificación no; lo que no se corresponde con ninguno de los tipos propuestos por Baskin y Baskin (2004a,b). No obstante, dado que la familia Compositae posee una dormición fisiológica (Baskin & Baskin, 1998), *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus* podrían poseer una dormición fisiológica no profunda aunque sólo mediada por giberelinas que habría que contrastar con más estudios.

De este modo de entre las especies estudiadas la dormición fisiológica no profunda parece la más predominante, presentándose en al menos siete de las especies estudiadas (*Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia* y *Scrophularia frutescens*). Por otro lado, *Euphorbia paralias* podría presentar una dormición fisiológica intermedia y *Eryngium maritimum* una dormición fisiológica profunda. Además el componente de dormición morfofisiológica de algunas de estas especies (*Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Glaucium flavum* y *Iberis procumbens*) debe ser aclarado.

En cuanto a la dormición física, entre la decena de especies estudiadas, la presentan *Cistus salviifolius*, *Crithmum maritimum*, *Polygonum maritimum* y *Scolymus hispanicus*; siendo de señalar que en ninguna de ellas su ruptura produce un incremento de la germinación hasta niveles muy elevados o elevados, por lo que podría presentarse combinada con algún tipo de dormición fisiológica, que no ha sido investigado en la mayoría de ellas, hipótesis que destacamos en el caso de *Scolymus hispanicus* ya que tampoco se ha podido determinar su dormición fisiológica. Sin embargo, en *Arctotheca calendula*, *Corema album* y *Panicum repens* este tipo de dormición no resulta claro con los ensayos realizados, en algunos casos, porque los resultados de escarificación manual no resultan concluyentes por su nulo (*Corema album*) o escaso (*Panicum repens*) nivel de germinación. Se precisan pues nuevos ensayos para determinar la importancia de este tipo de dormición en la flora de litoral estudiada, así como para caracterizar el correspondiente a las tres especies en las que no se ha podido determinar.

2.4.3. Conclusiones

1. La dormición fisiológica, especialmente la no profunda (según Baskin & Baskin, 2004 a,b), caracterizada porque puede romperse tras periodos relativamente cortos de estratificación, y porque las giberelinas promueven la germinación, está bien representada en la flora de litoral atlántico estudiada: *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Daphne gnidium* y *Scrophularia frutescens*; contribuyendo a facilitar la sincronización de la germinación con los periodos de precipitación en las condiciones atlánticas favorables también para la supervivencia de plántulas.
2. La dormición fisiológica intermedia, caracterizada por el requerimiento de un periodo más largo de estratificación y porque las giberelinas pueden promover la germinación está representada por una sola especie, *Euphorbia paralias* y la dormición fisiológica profunda, con un periodo aún más largo de estratificación y en la que las giberelinas no promueven la germinación lo está también por otra, *Eryngium maritimum*. Entre la docena de especies estudiadas, la dormición fisiológica no se ha aclarado suficientemente en *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*.
3. La dormición física, ocasionada por la dureza de la envuelta o testa de las semillas, la presentan cuatro de la decena de especies estudiadas: *Cistus salviifolius*, *Crithmum maritimum*, *Polygonum maritimum* y *Scolymus hispanicus*; siendo de señalar que en ninguna de ellas su ruptura produce un incremento de la germinación hasta niveles muy elevados o elevados, por lo que podría presentarse combinada con algún tipo de dormición fisiológica.
4. Los tratamientos estudiados resultan apropiados para estimular la germinación (nivel y ritmo) de la mayoría de las especies estudiadas, desde la perspectiva de la eficiente obtención de planta en proyectos de restauración en su propio medio natural. Con dichos pretratamientos se consigue incrementar hasta niveles muy elevados o elevados y acelerar la germinación en cinco de las especies estudiadas (*Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum* (semillas no escarificadas y escarificadas), *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens* y *Scrophularia frutescens*), medios en cuatro (*Cistus salviifolius*, *Euphorbia paralias*, *Linaria polygalifolia* y *Polygonum maritimum*) y bajos en cuatro (*Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*), manteniéndose sin variar en las tres restantes. Además en casi todas ellas el ritmo de germinación se acelera hasta un tiempo medio de germinación inferior a cuatro semanas, o incluso dos, con el tratamiento más apropiado.

2.5. BIBLIOGRAFÍA

- ADAIR, J. A.; HIGGINS, T. R.; BRANDON, D. L. (1990). Effects of fruit burial depth and wrack on the germination and emergence of the strandline species *Cakile edentula* (Brassicaceae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 117(2): 138–142.
- ALDERSON, P. G. (1987). Seed technology aspects of flower seed germination. *Acta Horticulturae*, 202: 35-48.
- ANDERSSON, L. P.; MILBERG, P. (1998). Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. *Seed Science Research*, 8(1): 29–38.
- APAT (Agency for the Protection of the Environment and for Technical Services), (2003). Seed propagation of mediterranean trees and shrubs. APAT. Roma.
- ATIA, A.; DEBEZ, A.; BARHOUMI, Z.; SMAOUI, A.; ABDELLY, C. (2009). ABA, GA3, and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions. *Comptes Rendus Biologies*, 332(8): 704-710.
- BAI, Y.; ROMO, J. T. (1994). Germination of previously buried seeds of fringed sagebrush (*Artemisia frigida*). *Weed Science*, 42(3):390–397.
- BAI, Y.; ROMO, J. T. (1996). Fringed sagebrush response to sward disturbances: seedling dynamics and plant growth. *Journal of Range Management*, 49(3):228–233.
- BAKKER, J. P.; DE VRIES, Y. (1992). Germination and early establishment of lower salt-marsh species in grazed and mown salt-marsh. *Journal of Vegetation Science*, 3: 247–252.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1979). Timing of seed germination in the weedy summer annual *Euphorbia supina* (*maculata*). *Bartonia*, 46: 63-68.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1988). Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. *American Journal of Botany*, 75(2): 286-305.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1989). Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. In: LECK, M. A.; PARKER V.; SIMPSON, R. (Eds.) *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press. San Diego. pp. 53-66.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1990a). Germination ecophysiology of seeds of the winter annual *Chaerophyllum tainturieri*: A new tipe of morphophysiological dormancy. *Journal of Ecology*, 78(4): 993-1004.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1990b). The role of light and alternating temperatures on germination of *Polygonum aviculare* seeds exhumed on various dates. *Weed Research*, 30(6): 397-402.

- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; CHESTER, E. W. (1993a). Seed germination ecophysiology of four summer annual mudflat species of Cyperaceae. *Aquatic Botany Journal*, 45(1): 41-52.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; LECK, M. A. (1993b). After ripening pattern during cold stratification of achenes of ten perennial Asteraceae from Eastern North America and evolutionary implication. *Plant Species Biology*, 8(1): 61-65.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1994). Germination requirements of *Oenothera biennis* seeds during burial under natural seasonal temperature cycles. *Canadian Journal of Botany*, 72(6): 779-782.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1998). *Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. San Diego.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C.; LI, X. (2000). Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*, 15(2): 139-152.
- BASKIN, C. C.; ZACKRISSON, O.; BASKIN, J. M. (2002). Role of warm stratification in promoting germination of seeds of *Empetrum hermaphroditum* (Empetraceae), a circumboreal species with a stony endocarp. *American Journal of Botany*, 89(3): 486-493.
- BASKIN, C. C. (2003). Breaking physical dormancy in seeds: focusing on the lens. *New Phytologist*, 158(2): 229-232.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (2004a). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1): 1-16.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (2004b). Classification, Biogeography, and Phylogenetic Relationships of Seed Dormancy. In: SMITH, R. D.; DICKIE, J. B.; LININGTON, S. H.; PRITCHARD, H. W.; PROBERT, R. J.(Eds.) *Seed Conservation. Turning Science into Practice*. The Royal Botanic Gardens, Kew. London. Chapter 28: 519-544.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; YOSHINAGA, A.; THOMPSON, K. (2005). Germination of drupelets in multi-seeded drupes of the shrub *Leptecophylla tameiameiae* (Ericaceae) from Hawaii: A case for deep physiological dormancy broken by high temperatures. *Seed Science Research*, 15: 349-356.
- BENECH-ARNOLD, R. L.; SÁNCHEZ, R. A.; FORCELLA, F.; KRUK, B. C.; GHERSA, C. M. (2000). Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, 67(2): 105-122.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. (1994). *Seeds: physiology of development and germination*. Plenum Press, New York.

- BOOJH, R.; RAMAKRISHNAN, P. S. (1982). Growth strategy of trees related to successional status. I. Architecture and extension growth. *Forest Ecology and Management*, 4(4): 359-374.
- BOUWMEESTER, H. J.; KARSEN, C. M. (1992). The Dual Role of Temperature in the Regulation of the Seasonal-Changes in Dormancy and Germination of Seeds of *Polygonum persicaria*. *Oecologia*, 90: 88-94.
- BOUWMEESTER, H. J.; KARSEN, C. M. (1993). Annual Changes in Dormancy and Germination in Seeds of *Sisymbrium-Officinale* (L) Scop. *New Phytologist*, 124: 179-191.
- CADMAN, C. D. C.; TOOROP, C.; HILHORST, H.W.M.; FINCH-SAVAGE, W.E. (2006). Gene expression profiles of *Arabidopsis Cvi* seeds during dormancy cycling indicate a common underlying dormancy control mechanism, *The plant journal*, 46(5): 805-822
- CALVIÑO-CANCELA, M. (2005). Fruit consumers and seed dispersers of the rare shrub *Corema album*, Empetraceae in coastal sand dunes. *Revue d'Écologie-la Terre et la Vie*, 60(2): 97-106.
- CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. (2009). Germination, emergence, and dormancy of *Mimosa pudica*. *Weed Biology and Management*, 9(1): 38-45.
- CHEN, S. Y.; CHIEN, C. T.; CHUNG, J. D.; YANG, Y. S.; KUO, S. R. (2007). Dormancy-break and germination in seeds of *Prunus campanulata* (Rosaceae): role of covering layers and changes in concentration of abscisic acid and gibberellins. *Seed Science Research*, 17(1): 21-32.
- CHIEN, C. T.; KUO-HUANG, L. L.; LIN, T. P. (1998). Changes in ultra-structure and abscisic acid level, and response to applied gibberellins in *Taxus mairei* seeds treated with warm and cold stratification. *Annals of Botany*, 81(1): 41-47.
- COPETE, M. A.; HERRANZ, J. M.; FERRANDIS, P. (2009). Seed germination ecology of the endemic Iberian winter annuals *Iberis pectinata* and *Ziziphora aragonensis*. *Seed Science Research*, 19(3): 155-169.
- CORNIDE, T. (2001). Dinámica de las comunidades de *Cytisus striatus* (Hill) Rothm. y *Cytisus multiflorus* (L'Hér.) Sweet en la Galicia interior. Tesis doctoral. Santiago de Compostela.
- CORNIDE, T.; DIAZ-VIZCAÍNO, E.; CASAL, M. (2005). Longevidad, viabilidad y germinación de tres Leguminosas arbustivas del Noroeste de la Península Ibérica. Libro de actas. 4º Congreso Forestal Español. Zaragoza.
- CORNIDE, T.; DÍAZ-VIZCAÍNO, E.; TABOADA-DÍAZ, F. J. (2012). *Cytisus multiflorus* (L'Hér.) Sweet, *Cytisus scoparius* (L.) Link, *Cytisus striatus* (Hill) Rothm. In: PEMÁN, J.; NAVARRO, R.; PRADA, M. A.; SERRADA, R. (Eds.). *Producción y manejo de semillas y plantas forestales*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. pp. 423-437.

- COURTNEY, A. D. (1968). Seed dormancy and field emergence in *Polygonum aviculare*. *Journal of Applied Ecology*, 5(3): 675-684.
- DEBEAUJON, I.; KOORNNEEF, M. (2000). Gibberellin requirement for *Arabidopsis* seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid. *Plant Physiology* 122(2): 415-424.
- DÍAZ-VIZCAÍNO, E. A.; CORNIDE, T.; IGLESIA, A. (2010). Short-term storage and germinative response to fire (temperature and smoke) in Ericaceae species characteristic of heathlands in NW of the Iberian peninsula. In: VIEGAS, D. X. (Ed.) cd proceedings of the VI International Conference on Forest Fire Research. Coimbra (Portugal). 12 pp.
- DIRECTIVA 92/43/CEE del Consejo de Europa de 21 de mayo de 1992. Relativa a la conservación de los hábitat naturales y de la flora y fauna silvestres. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 206, 22 de Julio de 1992. pp. 7-50.
- ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. (1980). Towards a rational basis for testing seed quality. In: HEBBLETHWAITE, P. D. (Ed.). *Seed Production*. Butterworths, London. pp 605-635.
- EVANS, R. A.; YOUNG, J. A. (1983). 'Magnar' basin wildrye-germination in relation to temperature. *Journal of Range Management*, 36(3): 395-398.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge University Press. Cambridge.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. L. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *Tansley Review- New Phytologist*, 171(3): 501-523.
- FOLEY, M. E.; CHAO, W. S. (2008). Growth regulators and chemicals stimulate germination of leafy spurge (*Euphorbia esula*) seeds. *Weed Science*, 56(4):516-522.
- GARCIARRUBIO, A.; LEGARIA, J. P.; COVARRUBIAS, A. A. (1997). Abscisic acid inhibits germination of mature *Arabidopsis* seeds by limiting the availability of energy and nutrients. *Planta*, 203(2):182-187.
- GEDGE, K. E.; MAUN, M. A. (1992). Effects of simulated herbivory on growth and reproduction of two beach annuals, *Cakile edentula* and *Corispermum hyssopifolium*. *Canadian Journal of Botany*, 70(12): 2467-2475.
- GILBERT, M.; PAMMENTER, N.; RIPLEY, B. (2008). The growth responses of coastal dune species are determined by nutrient limitation and sand burial. *Oecologia*, 156(1): 169-178.
- GONZÁLEZ-RABANAL, F.; CASAL, M. (1995). Effect of high temperatures and ash on germination of ten species from gorse shrubland. *Vegetatio*, 116: 123-131.

- GRAEBER, K.; NAKABAYASHI, K.; MIATTON, E.; LEUBNER-METZGER, G.; SOPPE, W. (2012). Molecular mechanisms of seed dormancy. *Plant, Cell and Environment*, 35(10): 1769–1786.
- GREENE, H. C.; CURTIS, J. T. (1950). Germination studies on Wisconsin prairie plants. *The American Midland Naturalist Journal*, 43(1): 186-194.
- GRIME, J. P. (1974). Vegetation classification by reference to strategies. *Nature*, 250: 26–31.
- GUJA, L. K.; MERRITT, D. J.; DIXON, K. W. (2010). Buoyancy, salt tolerance and germination of coastal seeds: implications for oceanic hydrochorous dispersal *Functional Plant Biology*, 37(12): 1175–1186.
- HAMMOUDA, M. A.; BAKR, Z. Y. (1969). Some Aspects of Germination of Desert Seeds. *Phyton*, 13: 183-201.
- HUANG, Z.; DONG, M.; GUTTERMAN, Y. (2004). Factors influencing seed dormancy and germination in sand, and seedling survival under desiccation, of *Psammochloa villosa* (Poaceae), inhabiting the moving sand dunes of Ordos, China. *Plant and Soil*, 259(1-2): 231-241.
- IGNACIUK, R.; LEE, J. A. (1980). The germination of four annual strand-line species. *New Phytologist*, 84(4): 581–591.
- KACHI, N. (1990). Germination Traits and Seed-Bank Dynamics of a Biennial Plant *Oenothera glazioviana* Micheli. *Ecological Research*, 5: 185-94.
- KAYE, T. N. (1997). Seed Dormancy in High Elevation Plants: Implications for Ecology and Restoration In: KAYE, T. N.; LISTON, A.; LOVE, R. M.; LUOMA, D.; MEINKE, R. J.; WILSON, M. V. (Eds). *Conservation and Management of Native Plants and Fungi*. Native Plant Society of Oregon, Corvallis, Oregon. pp.115-120.
- KEELEY, J. E.; KEELEY, S. C. (1987). Role of fire en seed germination of chaparral herbs and suffrutescents. *Madroño*, 34(3): 240-249.
- KEREN, A.; EVENARI, M. (1974). Some ecological aspects of distribution and germination of *Pancreatium maritimum* L. *Israel Journal of Botany*, 23: 202–215.
- KEPEZYNSKI, J.; SZNIGIR, P. (2013). Response of *Amaranthus retroflexus* L. seeds to gibberellic acid, ethylene and abscisic acid depending on duration of stratification and burial. *Plant Growth Regulation*, 70(1): 15-26.
- KILIAN, D.; COWLING, R. M. (1992). Comparative seed biology and co-existence of two fynbos shrub species. *Journal of Vegetation Science*, 3(5): 637-646.
- KOYUNCU, F. (2005). Breaking seed dormancy in black mulberry (*Morus nigra* L.) by cold stratification and exogenous application of gibberellic acid. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 47(2): 2326.

- KUCERA, B.; COHN, M.A.; LEUBNER-METZGER, G. (2005). Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research*, 15(4):281-307.
- LE HOUÉROU, H.N. (1993). Grazing lands of the Mediterranean Basin. In: COUPLAND, R. T. (Ed.) -“*Ecosystems of the world*”-. Elsevier, Amsterdam. 8B: pp.171-196
- MACHADO, C. M. M.; SOCCOL, C. R. (2008). Gibberellic Acid Production. In: PANDEY, A.; SOCCOL, C.; LARROCHE, C. (Eds.). *Current developments in solid state fermentation*. Springer. New York. pp. 277-301.
- MAGUIRE, J. D.; OVERLAND, A. (1959). Laboratory germination of seeds of woody and native plants. Washington Agricultural Experiment Station Circular, 349.
- MANZANO, P.; MALO, J. E.; PECO, B. (2005). Sheep gut passage and survival of Mediterranean shrub seeds. *Seed Science Research*, 15: 21 –28.
- MARCHIONI-ORTU, A.; BOCCHIERI, E. (1984). A study of the germination responses of a Sardinian population of sea fennel (*Crithmum maritimum*). *Canadian Journal Botany*, 62(9):1832-1835.
- MARTIN, A.; GRZESKOWIAK, V.; PUECH, S. (1995). Germination variability in three species in disturbed Mediterranean environments. *Acta Oecologica*, 16(4): 479-490.
- MASON, R. L.; GUNST, R. F.; HESS, J. L. (1989). *Statistical Design and Analysis of Experiments*. Wiley & Sons. New York.
- MAUN, M. A.; PAYNE, A. M. (1989). Fruit and seed polymorphism and its relation to seedling growth in the genus *Cakile*. *Canadian Journal of Botany*, 67(9): 2743-2750.
- MAW, M. G.; THOMAS, A. G.; STAHEVITCH, A. (1985). The biology of Canadian weeds. *Artemisia absinthium* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 65(2): 389-400.
- Meteogalicia. Axencia Galega de Meteoroloxía. www.meteogalicia.es. (2013). Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas. Xunta de Galicia.
- NADEAU, L. B.; KING, J. R. (1991). Seed dispersal and seedling establishment of *Linaria vulgaris* Mill. *Canadian Journal of Plant Science*, 71(3): 771-782.
- NIKAM, T. D.; BARMUKH, R. B. (2009). GA₃ enhances *in vitro* seed germination in *Santalum album*. *Seed Science and Technology*, 37(2): 276-280.
- NIKOLAEVA, M. G., (1969). *Physiology of deep dormancy in seeds*. Izdatel'stvo“Nauka”, Leningrado Translated from Russian by Z. Shapiro. Published for USA National Science Foundation by the Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem

- NIKOLAEVA, M. G., (1977). Factors controlling the seed dormancy pattern. In: KHAN, A. A. (Ed.), *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*, North-Holland, Amsterdam. pp. 51-74.
- OKUSANYA, O, T. (1977). The effect of sea water and temperature on the germination behaviour of *Crithmum maritimum*. *Physiologia Plantarum*, 41(4): 265-267.
- OKUSANYA, O, T. (1979). An experimental investigation into the ecology of some maritime cliff species. Germination studies. *Journal of Ecology*, 67(1): 293-304.
- PARDO, A.; RUÍZ, M. A. (2001). SPSS 10.0. *Guía para el análisis de datos*. Universidad Autónoma de Madrid.
- PEÑA, D. (2002). *Regresión y diseño de experimentos*. Alianza Editorial. Madrid.
- PEREIRAS, J.; PUENTES, M. A.; CASAL, M. (1985). Efecto de las altas temperaturas sobre la germinación de las semillas del tojo (*Ulex europaeus* L.). *Studia Oecologica*, V: 125-133.
- PÉREZ, F.; PITA, J. M. (1999). *Dormición de la semilla. Hojas divulgadoras*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- PIERCE, S. M.; MOLL, E. J. (1994). Germination ecology of six shrubs in fire-prone Cape Fynbos. *Vegetatio*, 110(1): 25-41.
- PINFIELD, N. J.; STUTCHBURY, P.; BAZAID, S. M. (1987). Seed dormancy in *Acer*: is there a common mechanism for all *Acer* species and what part is played in it by abscisic acid? *Physiologia Plantarum*, 71(3): 365-371.
- PIPINIS, E.; MILIOS, E.; KIAMOS, N.; MAVROKORDOPOULOU, O; SMIRIS, P. (2012). Effects of stratification and pre-treatment with gibberellic acid on seed germination of two *Carpinus* species. *Seed Science & Technology*, 40(1): 21-31.
- POWELL, L. E. (1987). Hormonal aspects of bud and seed dormancy in temperate-zone woody plants. *Horticulture Science*, 22: 845-850.
- QU, X.; HUANG, Z.; BASKIN, J.; BASKIN, C. (2008). Effect of temperature, light and salinity on seed germination and radicle growth of the geographically widespread halophyte shrub *Halocnemum strobilaceum*. *Annals of Botany*, 101(2): 293-299.
- QUINLIVAN, B. J. (1971). Seed coat impermeability in legumes. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 37: 283 - 295.
- RAGHAVAN, V. (2000). *Developmental Biology of Flowering Plants*. Springer-Verlag. Heidelberg.
- ROLSTON, M. P. (1978). Water impermeable seed dormancy. *Botanical Review*, 44: 365-396.

- ROMERO, M. I. (2007). Flora exótica de Galicia (noroeste Ibérico). *Botanica Complutensis*, 31: 113-125.
- ROUNDY, B. A.; YOUNG, J. A.; EVANS, A. (1985). Germination of basin wildrye and tall wheatgrass in relation to osmotic and matric potential. *Agronomy Journal*, 77(1): 129-135.
- SCHOLTEN, M.; DONAHUE, J.; SHAW, N.; SERPE, M. (2009). Environmental regulation of dormancy loss in seeds of *Lomatium dissectum* (Apiaceae). *Annals of Botany*, 103: 1091–1101.
- SELLECK, G. W.; COUPLAND, R. T. (1954). Effect of temperature on germination of seeds of leafy spurge. Canada Weed Committee, Western Section, 96.
- SHALTOUT, K. H.; EL-SHORBAGY, M. N. (1989). Germination requirements and seedling growth of *Thymelaea hirsuta* (L.). *Flora*, 183: 429-436.
- SHIPLEY, B.; PARENT, M. (1991). Germination responses of 64 wetland species in relation to seed size, minimum time to reproduction and seedling relative growth rate. *Functional Ecology*, 5(1): 111-8.
- SHUMWAY, S. W. (2000). Facilitative effects of a sand dune shrub on species growing beneath the shrub canopy. *Oecologia*, 124: 138-148.
- SMALL, J. G. C.; GARNER, C. J. (1980). Gibberellin and stratification required for the germination of *Erica junonia*, an endangered species. *Journal of Plant Physiology*, 99(2):179-182.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. (1979). *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Editorial Blume. Madrid.
- SORIANO, A. (1992). Río de la Plata grasslands. In: COUPLAND, R. T. (Ed) *Ecosystems of the World*. Elsevier, Amsterdam. 8A: pp.367-407
- STANFORTH, R. J.; CAVERS, P. B. (1979). Field and laboratory germination responses of achenes of *Polygonum lapathifolium*, *P. pensylvanicum*, and *P. persicaria*. *Canadian Journal of Botany*. 57(8): 877-885.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2006). *Plant physiology*. Sinauer. Nueva York.
- TÁRREGA, R.; CALVO, L.; TRABAUD, L. (1992). Effect of high temperatures on seed germination of two woody Leguminosae. *Vegetatio*, 102(2): 139–147.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K. (1988). Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* ssp. *creticus* (L.) Heywood and *C. salvifolius* L. *Plant, Cell and Environment*, 11(9): 841-849.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; SKAROU, F. (1989). *Glaucium flavum* seed germination: An ecophysiological approach. *Annals of Botany*, 63(1): 121-130.

- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; DOUMA, D. J.; MARANGAKI, C. (1991). Photo inhibition of seed germination in Mediterranean maritime plants. *Annals of Botany*, 68(5): 469-475.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; DELIPEIROU, P. (1994). Photoinhibition of seed germination in the maritime plant *Matthiola tricuspidata*. *Annals of Botany*, 73(6): 639-644.
- THOMAS, T. H.; DAVIES, I. (2002). Responses of dormant heather (*Calluna vulgaris*) seeds to light, temperature, chemical and advancement treatments. *Plant Growth Regulation*, 37(1): 23-29.
- THOMPSON, P. A. (1970a). Germination of species of Caryophyllaceae in relation to their geographical distribution in Europe. *Annals of Botany*, 34(2): 427-449.
- THOMPSON, P. A. (1970b). A comparison of the germination character of species of Caryophyllaceae collected in central Germany. *Journal of Ecology*, 58(3): 699-711.
- THOMSON, A.; EL-KASSABY, A. (1993). Interpretation of seeds germination parameters. *New Forest*, 7(2): 123-132.
- TOMPSETT, P. B.; PRITCHARD, H. W. (1998). The effect of chilling and moisture status on the germination, desiccation tolerance and longevity of *Aesculus hippocastanus* L. seed. *Annals of Botany*, 82: 249-261.
- TRABAUD, L.; OUSTRIC, J. (1989a). Influence du feu sur la germination des semences de quatre espèces ligneuses méditerranéennes à reproduction sexuée obligatoire. *Seed Science and Technology*, 17: 589-599.
- TRABAUD, L.; OUSTRIC, J. (1989b). Heat requirement for seed germination of three *Cistus* species in the garrigues of southern France. *Flora*, 183: 321-325.
- VALBUENA, L.; TÁRREGA, R.; DE LUIS, E. (1992). Influence of heat on seed germination of *Cistus laurifolius* and *Cistus ladanifer*. *International Journal of Wildland Fire*, 2: 15-20.
- VIGNA, M. R.; FERNÁNDEZ, O. A.; BREVEDAN, R. E. (1983). Germinación de *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Studia Oecologica*, II/2:167-182.
- VLEESHOUWERS, L. M.; BOUWMEESTER, H. J.; KARSSSEN, C. M. (1995) Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology*, 83(6): 1031-1037.
- VOIGT, J.W. (1977). Seed germination of true prairie forbs. *Journal Range Manage*, 30(6): 439-441.
- WALMSLEY, C. A.; DAVY, A. J. (1997). Germination characteristics of shingle beach species, effects of seed ageing and their implications for vegetation restoration. *Journal of Applied Ecology*, 34(1): 131-142.

- WANG, J. H.; BASKIN, C. C.; CHEN, W.; DU, G. Z. (2010). Variation in seed germination between populations of five sub-alpine woody species from eastern Qinghai–Tibet Plateau following dry storage at low temperatures. *Ecological Research*, 25(1): 195–203.
- WASHITANI, I.; MASUDA, M. (1990). A comparative study of the germination characteristics of seeds from a moist tall grassland community. *Functional Ecology*, 4(4): 543-557.
- WIESNER, L. E.; LAUTMANN, J. E.; STANWOOD, P. C.; WHEELER, L. J. (1994). The effect of liquid nitrogen on alfalfa seed viability, emergence and broken cotyledons. *Journal of Seed Technology*, 18(1): 1-6.
- WILLIAMS, P. A. (1981). Aspects of the ecology of broom (*Cytisus scoparius*) in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal Botany*, 19(1): 31–43
- WILLIS, A. J.; GROVES, R. H. (1991). Temperature and light effects on the germination of seven native forbs. *Australian Journal of Botany*, 39(3): 219-228.
- YU, S. L.; STERNBERG, M.; KUTIEL, P.; CHEN, H. W. (2007). Seed mass, shape, and persistence in the soil seed bank of Israel coastal sand dune flora. *Evolutionary Ecology Research*, 9: 325-340.
- ZHANG, D.; SMAGULA, J. (2000). Seed germination of *Daphne mezereum*: Fruit stages, cold treatment, and more. *Combined Proceedings Internacional Plant Propagator's Society*, 50: 442-444.
- ZUUR-ISLER, D. (1982). Germination behaviour and early life phases of some species from alpine serpentine soils. *Berichte des Geobotanischen Institutes der ETH*, 49, 76–107. Stiftung Röbel, Zürich.



CAPÍTULO III:

**Germinación de flora de litoral.
Efecto de la salinidad.**



3.1. INTRODUCCIÓN

Las plantas halófitas son aquellas que viven o están bien adaptadas a ambientes salinos como playa, duna, acantilados costeros, arenales, marismas salinas, etc.

La germinación es una de las etapas más vulnerables en el ciclo de vida de las plantas, que en el caso de las halófilas va estar condicionado por su mayor o menor adaptación a la concentración de sal en el suelo, de lo que resultará su mayor o menor abundancia en dicho medio (Waisel, 1972; Ungar, 1991, 1995; Tobe *et al.*, 2000). De este modo, la respuesta germinativa en condiciones de estrés salino es determinante para el éxito de muchas poblaciones de plantas características de estos ambientes (Keiffer & Ungar, 1997). Aunque la salinidad no es el único factor ambiental crítico en la germinación de especies anuales halófitas, para la mayoría de ellas la germinación de las semillas está más afectada por la salinidad que por la temperatura, el fotoperiodo y la humedad del suelo (Noe & Zedler, 2000; Elsey-Quirk *et al.*, 2009). La salinidad afecta a cada aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo, incluida la germinación, dado que la alta concentración de sales ocasiona un desequilibrio iónico y estrés osmótico, además de la toxicidad potencial de los iones presentes en el suelo (Tobe *et al.*, 2001).

Durante las épocas de mayor calor, la salinidad de los suelos tiende a aumentar, ya que el potencial hídrico se hace más negativo, de modo que la variación estacional es un factor importante para las especies que viven en ambientes salinos, ya que su sensibilidad podría variar a lo largo del año. Así pues, en entornos salinos, la germinación de las semillas ocurre durante los períodos lluviosos, es decir, cuando la salinidad disminuye (Elsey-Quirk *et al.*, 2009, Keiffer & Ungar, 1997), de modo que el desarrollo inicial de plántulas se produzca antes del verano, cuando el estrés salino se incrementa (Ungar, 1996). Esto es así porque las temperaturas bajas o medias y el descenso de salinidad (al igual que ocurre después de las precipitaciones invernales) promueven la germinación, no es de extrañar que las plántulas recién germinadas de diversas especies se han encontrado en el campo durante la temporada de frío: *Cakile* en invierno (Barbour, 1970), *Glaucium flavum* en invierno (Thanos *et al.*, 1989), *Crithmum* en invierno o primavera (Ignaciuk & Lee, 1980) y *Elymus mollis* en primavera (Houle, 1996).

La mayoría de especies halófitas germinan mejor en agua dulce que en agua salada y niveles de salinidad por encima de los límites de tolerancia de una especie pueden retrasar o inhibir su germinación (Woodell, 1985; Houle *et al.*, 2001; Guja *et al.*, 2010). Otra característica de las semillas de las especies adaptadas a ambientes salinos es la de tolerar durante largos periodos de tiempo la exposición a concentraciones hipersalinas manteniendo su viabilidad y tras ser transferidas a un medio con agua destilada volver a germinar incluso a niveles altos (Woodell, 1985; Debez *et al.*, 2004; Necajeva & Ievinsh, 2008; Guja *et al.*, 2010); como es el caso de *Crithmum maritimum* (Marchioni-Ortu & Bocchieri, 1984), *Cakile maritima* (Barbour, 1970) y *Pancratium maritimum* (Keren & Evenari, 1974) cuyos niveles de germinación aumentaron cuando fueron transferidas desde el medio salino a un medio no salino; de modo que la combinación entre la tolerancia a la salinidad y la recuperación de la germinación cuando ésta disminuye permiten caracterizar diferentes tipos de plantas halófitas (Boorman, 1966, Woodell, 1985; Necajeva & Ievinsh, 2008; Guja *et al.*, 2010) En este sentido, es importante clarificar en qué medida los niveles de tolerancia y mantenimiento de la

viabilidad resultan afectados en el caso de clima atlántico con abundantes precipitaciones, como es el caso del presente estudio.

Así pues, comparadas con las glicófitas (no soportan la salinidad), las semillas de las especies halófitas son capaces de germinar a mayores concentraciones de sal (Baskin & Baskin, 1998) y además cuando dicha germinación resulta inhibida, mantienen su viabilidad incluso tras ser sometidas a condiciones extremas de salinidad o estrés osmótico, recuperando su germinación cuando disminuyen los niveles salinos del medio por diferentes causas ambientales (Woodell, 1985; Ungar, 1995, 1996; Khan & Ungar, 1996). De este modo, la tolerancia a la salinidad de las especies halófitas de litoral está claramente relacionada con los niveles de salinidad del hábitat en el que crecen (Woodell 1985; Mariko *et al.*, 1992; Martínez *et al.*, 1992; Necajeva & Ievinsh, 2008).

Las semillas de las especies adaptadas a la salinidad responden pues ante ésta de dos modos: inhibiendo la germinación por la alta salinidad sin perjuicio de la viabilidad de la semilla (entrando en dormición) o retrasando la germinación (Ungar, 1978, 1995; Levitt, 1980). Sin embargo, la respuesta germinativa de estas especies en condiciones de estrés salino es muy variable, sus rangos de tolerancia a la sal difieren mucho de unas especies a otras, por ello los estudios encaminados a conocer esta tolerancia a la salinidad son de gran interés (Woodell, 1985; Khan & Gulzar, 2003; Necajeva & Ievinsh, 2008; Qu *et al.*, 2008), particularmente en el caso de hábitats de litoral, como es este caso, amenazados por la actividad humana e incluidos en la Directiva Hábitats de la Unión Europea (92/43/CEE) como hábitats prioritarios o de interés para la conservación.

Dado que la elevada salinidad en el suelo es uno de los mayores factores limitantes para el desarrollo de las plantas que viven en ambientes salinos objeto de nuestro estudio, y dada la dificultad que representa establecerse en los medios ricos en sales, los objetivos del presente estudio fueron analizar el efecto que distintos niveles de salinidad tienen sobre la germinación de las semillas de las plantas de arenas atlánticos costeros en las condiciones de su propio medio, así como estudiar su capacidad de recuperación una vez cesan las condiciones de salinidad, lo que permitirá conocer mejor aspectos ecofisiológicos de estas especies, indispensables para su propagación, establecimiento y conservación, así como contribuir al conocimiento de los halófitos en general.

3.2. MATERIAL Y MÉTODOS

3.2.1. Selección, recogida y procesamiento de semillas

Se seleccionaron doce especies herbáceas y arbustivas de las analizadas en el capítulo I de este estudio (*Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Pancreatium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*), cuyas características fueron recogidas en la Tabla 1.2. La recolección se hizo siguiendo las pautas de recogida y procesamiento mencionadas en capítulos anteriores y en las mismas zonas de recogida utilizadas para anteriores tratamientos.

Se eligieron aquellas especies que presentaron en las condiciones de primavera de su propio hábitat natural niveles de germinación más elevada en los tratamientos control realizados previamente (la mayoría muy elevados) en fotoperiodo o en oscuridad y revisando además la distribución de su germinación, el periodo mínimo para que germinase al menos el 90% de las semillas, seleccionando aquellas que lo hacían en un mes (Capítulo I). Entre ellas es de señalar que *Petrorhagia nanteuilii* es generalista en cuanto a sus requerimientos de hábitat, si bien en otras regiones atlánticas se considera una planta rara de interés para su conservación (Gardner & Burningham, 2013) y *Oenothera glazioviana*, abundante en todo el litoral es considerada una planta alóctona invasora (Fagúndez & Barrada, 2007). Las especies seleccionadas son pues representativas de los diferentes ambientes costeros descritos en este estudio y presentaron una respuesta muy variada a las condiciones de fotoperiodo y almacenamiento a corto plazo descritas en el capítulo I, por lo cual, pueden ser un referente para estudiar la incidencia de la salinidad en la germinación de las semillas de especies de litoral.

Como ocurrió en tratamientos anteriores, las semillas fueron extraídas de su fruto en la mayoría de las especies, excepto las que presentan frutos monospermos (Compositae, Gramineae, Polygonaceae y Umbelliferae) en cuyo caso se manejaron siempre frutos (en adelante semillas). Una vez extraídas las semillas/frutos se almacenaron en seco, en oscuridad envueltas en papel a temperatura ambiente, hasta el inicio del tratamiento.

Se prepararon cuatro réplicas/lotos de 35 semillas de cada especie para cada tratamiento. Las semillas se desinfectaron con hipoclorito sódico al 4% y fungicida (Captan) al 1,5% durante un minuto y a continuación se lavaron con agua destilada. Se colocaron en placas Petri estériles de 9 cm de diámetro con doble capa de papel de filtro desinfectado.

3.2.2. Realización de tratamientos

El tratamiento se realizó en primavera 2011 en la época en la que se dan las mejores condiciones para la germinación de estas especies de litoral (Thanos *et al.*, 1991; Baskin & Baskin, 1998). Los tratamientos se realizaron al aire libre, en la misma época y en las mismas instalaciones empleadas en los anteriores tratamientos, para asegurar similares condiciones de temperatura y luz. De modo que las condiciones de temperatura y luz de los tratamientos fueron las registradas en este medio natural durante la realización de los mismos, similares a las del hábitat natural de las especies estudiadas (Figura 3.1).

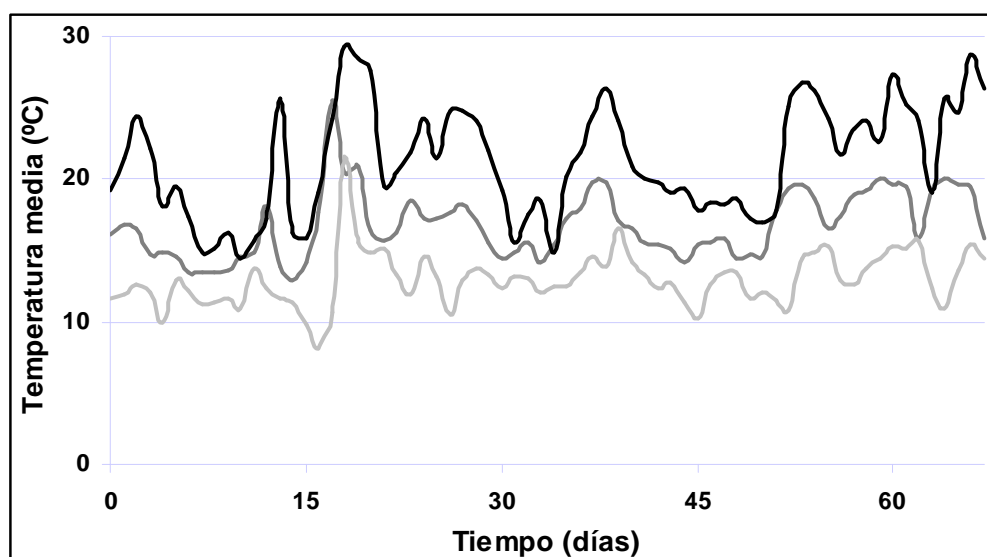


Figura 3.1. Temperatura mínima (—), media (—) y máxima (—) registrada en la estación meteorológica del Parque Natural de Corrubedo (A Coruña, España) durante la realización de los ensayos de salinidad (desde el 20 de marzo al 20 de mayo de 2011) (Meteogalicia.com).

El estudio constó de dos ensayos consecutivos; un tratamiento de salinidad a diferente concentración y otro inmediatamente posterior de germinación de semillas recuperadas tras ese periodo salino.

Tratamiento de salinidad: Las semillas fueron colocadas en placas de Petri con 5 ml de solución salina (NaCl), cuya concentración varió según el tratamiento: 0mM (Control: agua destilada); 100mM (concentración baja); 300mM (concentración moderada) y 500mM (concentración alta; equivalente al agua del mar), concentraciones aplicadas en estudios os de salinidad similares en otras especies de litoral (Necajeva & Ievinsh, 2008; Ahmed & Khan, 2010; Guja *et al.*, 2010).

La elección del NaCl se debe a que es la principal sal presente en el mar (Talley *et al.*, 2011), por lo que asumimos su presencia predominante frente a otras sales en los suelos de arenas costeros, playa, duna y acantilado.

Las placas de Petri fueron selladas con parafilm para prevenir la evaporación del agua, y cada quince días fueron renovadas para garantizar el mantenimiento de la concentración de sal. Las semillas fueron puestas a germinar en las mejores condiciones de luz-oscuridad para su germinación en función de los datos obtenidos en el capítulo I. De este modo, todas las semillas fueron incubadas en ambos ensayos en fotoperiodo, excepto cuatro que lo hicieron en condiciones de oscuridad (*Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Pancreatium maritimum* y *Seseli tortuosum*); condiciones que se demostraron ser las más óptimas para la germinación de estas especies (capítulo I). En los tratamientos en oscuridad las placas fueron envueltas en doble capa de papel de aluminio opaco a la luz, evitando cuidadosamente su exposición a la luz al realizar los controles de germinación.

Germinación de semillas recuperadas tras el periodo salino: Con el objeto de determinar si las diferentes concentraciones salinas afectaron, o no, a la viabilidad de las semillas, tras finalizar el tratamiento de salinidad, las que no germinaron, recuperadas, fueron enjuagadas tres veces en agua destilada para evitar cualquier presencia de sal e incubadas en agua destilada (5 ml por placa).

La duración de estos dos ensayos fue de 30 días cada uno, tiempo suficiente para que no hubiese variación de la germinación. El recuento de las semillas germinadas se realizó dos veces por semana, considerando como tal aquellas donde la emergencia de la radícula se observó con claridad (Boojh & Ramakrishnan, 1982; Vigna *et al.*, 1983; Bewley & Black, 1994), criterio habitualmente utilizado en estudios ecológicos de germinación.

3.2.3. Análisis estadístico

Siguiendo la línea de otros estudios sobre salinidad (Khan & Ungar, 1984; Qu *et al.*, 2008; Robles *et al.*, 2010), se calcularon los siguientes parámetros para cada tratamiento de concentración salina:

- a) Porcentaje de germinación en salinidad (**%GS**) que sigue la fórmula: $B/C \times 100$
- b) Porcentaje de recuperación (**%GR**) porcentaje de semillas germinadas en agua destilada tras ser sometidas al tratamiento salino, que sigue la fórmula: $[(A-B)/(C-B)] \times 100$. Donde **A** es suma de las semillas que han germinado (tanto en el periodo salino como en el periodo de recuperación en agua destilada); **B**: semillas germinadas en el periodo salino y **C**: número total de semillas testadas (Khan & Ungar, 1984).
- c) Porcentaje final de germinación (**%GF**) que sigue la fórmula: $A/C \times 100$. Es el porcentaje total de semillas germinadas tras ambos tratamientos. Podemos considerar este parámetro como una medida de la viabilidad de las semillas (Robles *et al.*, 2010).

Estos datos se calcularon a partir del porcentaje diario y final de germinación de cada especie, y los datos obtenidos se representaron gráficamente, obteniendo así las curvas de dinámica de la germinación correspondientes, lo que facilita la observación de las diferencias entre tratamientos y especies (Thomson & El-Kassaby, 1993).

También se calculó tiempo medio de germinación (Mean germination time, MGT) (t_m) para cada especie y tratamiento, según Ellis & Roberts (1980) y Tompsett & Pritchard (1998), relacionado con el ritmo de germinación.

$$MGT = \Sigma(Dn)/\Sigma n$$

Siendo:

n : número de semillas que germinan en el día D

D : es el número de días contados desde el comienzo del tratamiento.

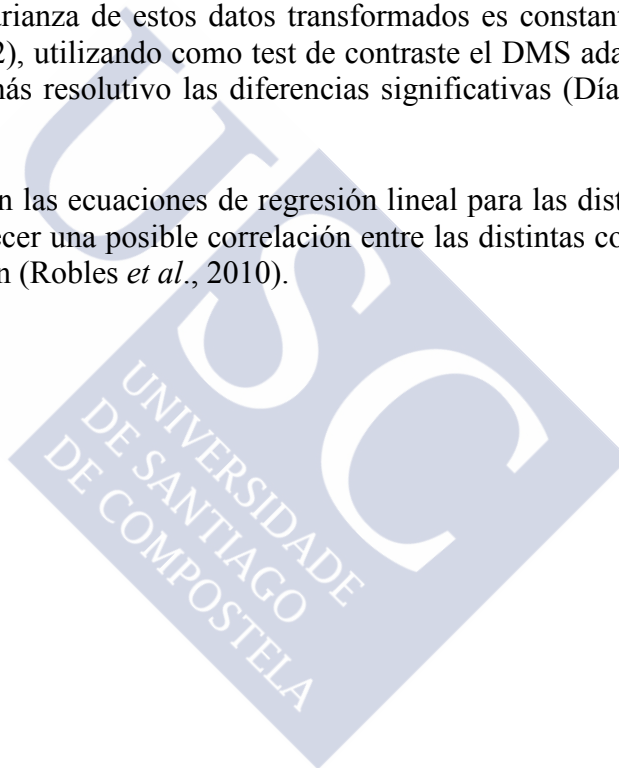
Como en anteriores tratamientos, para facilitar el análisis de los resultados obtenidos se estableció una escala de valor según el nivel de germinación: nulo=0%, muy bajo ($\leq 10\%$), bajo (11-40%), medio (41-59%), elevado (60-89%) y muy elevado ($\geq 90\%$). Del mismo modo se estableció una escala indicativa del ritmo de germinación a partir de los tiempos medios de

germinación obtenidos: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30 días), L; lento (31-60 días), ML; muy lento (>60 días).

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el análisis de la varianza Anova, o la prueba t de Student, según resultase procedente, para comprobar las diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los valores medios obtenidos en la germinación, así como en los tiempos medios de germinación (tanto en el tratamiento de salinidad como en la recuperación); previa transformación arcoseno \sqrt{p} en el primer caso y logarítmica en el segundo para asegurar la homogeneidad de la varianza; utilizando como test *a posteriori* el test, DMS o Games-Howel, según resultase procedente, para identificar las diferencias entre tratamientos (Sokal & Rohlf, 1979; Pardo & Ruíz, 2001); empleando para ello el paquete estadístico SPSS, versión 15.0 para Windows.

Con los valores de germinación se calculó el nivel crítico empleando la distribución Chi-cuadrado, puesto que la varianza de estos datos transformados es constante y conocida (Mason *et al.*, 1989; Peña, 2002), utilizando como test de contraste el DMS adaptado; lo que permitió evidenciar de modo más resolutivo las diferencias significativas (Díaz-Vizcaino *et al.*, 2010).

Además, se desarrollaron las ecuaciones de regresión lineal para las distintas especies estudiadas, con el fin de establecer una posible correlación entre las distintas concentraciones salinas y el nivel de germinación (Robles *et al.*, 2010).



3.3. RESULTADOS

3.3.1. Dinámica de germinación

En la Figura 3.2 se presenta la dinámica de la germinación de las especies estudiadas. Los resultados correspondientes a los diferentes tratamientos de datos realizados (nivel de germinación y ritmo de germinación) se presentan en la Tabla 3.1 y en las Tablas 3.1 a 3.7 del anexo estadístico. Para determinar la relación entre las distintas concentraciones salinas y el porcentaje de germinación se han desarrollado las correspondientes ecuaciones de regresión (Figura 3.3).

En todas las especies estudiadas la germinación más elevada se correspondió con el control, seguida de la correspondiente a niveles bajos de salinidad. Se puede establecer una clasificación de las especies estudiadas en función de su tolerancia a la sal según los resultados obtenidos:

Especies que sólo son capaces de germinar a concentraciones bajas de sal

Son aquellas que lo hicieron hasta concentraciones $\leq 100\text{mM}$ de NaCl. En este grupo se incluyen siete especies: *Artemisia crithmifolia*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*. Entre ellas, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Polygonum maritimum* y *Seseli tortuosum* con la salinidad disminuyen solamente su nivel, y *Artemisia crithmifolia*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Silene uniflora* disminuyen su nivel y su ritmo de germinación (Tabla 3.1.).

Artemisia crithmifolia mostró un nivel de germinación en sal bajo (23,6%), significativamente menor que su control, que presentó un nivel elevado de germinación. El ritmo de germinación a baja concentración salina disminuyó significativamente con respecto al control de muy rápido a rápido, con un t_m en torno a tres semanas.

El nivel de recuperación de esta especie resultó bajo, oscilando entre el 12 y 16% de germinación, no existiendo diferencias significativas entre las tres concentraciones de salinidad. Tampoco las hay para el tiempo medio de germinación, las tres con un ritmo muy rápido.

La germinación final disminuyó a medida que se incrementó la concentración de sal, existiendo diferencias significativas entre el control con todos los tratamientos y también entre el de concentración más baja con los dos más elevados.

Por lo tanto, la salinidad (concentraciones bajas) disminuyó tanto el nivel como el ritmo de germinación, y su incremento no favoreció posteriormente la recuperación de las semillas, disminuyendo considerablemente su nivel final de germinación y manteniendo su ritmo.

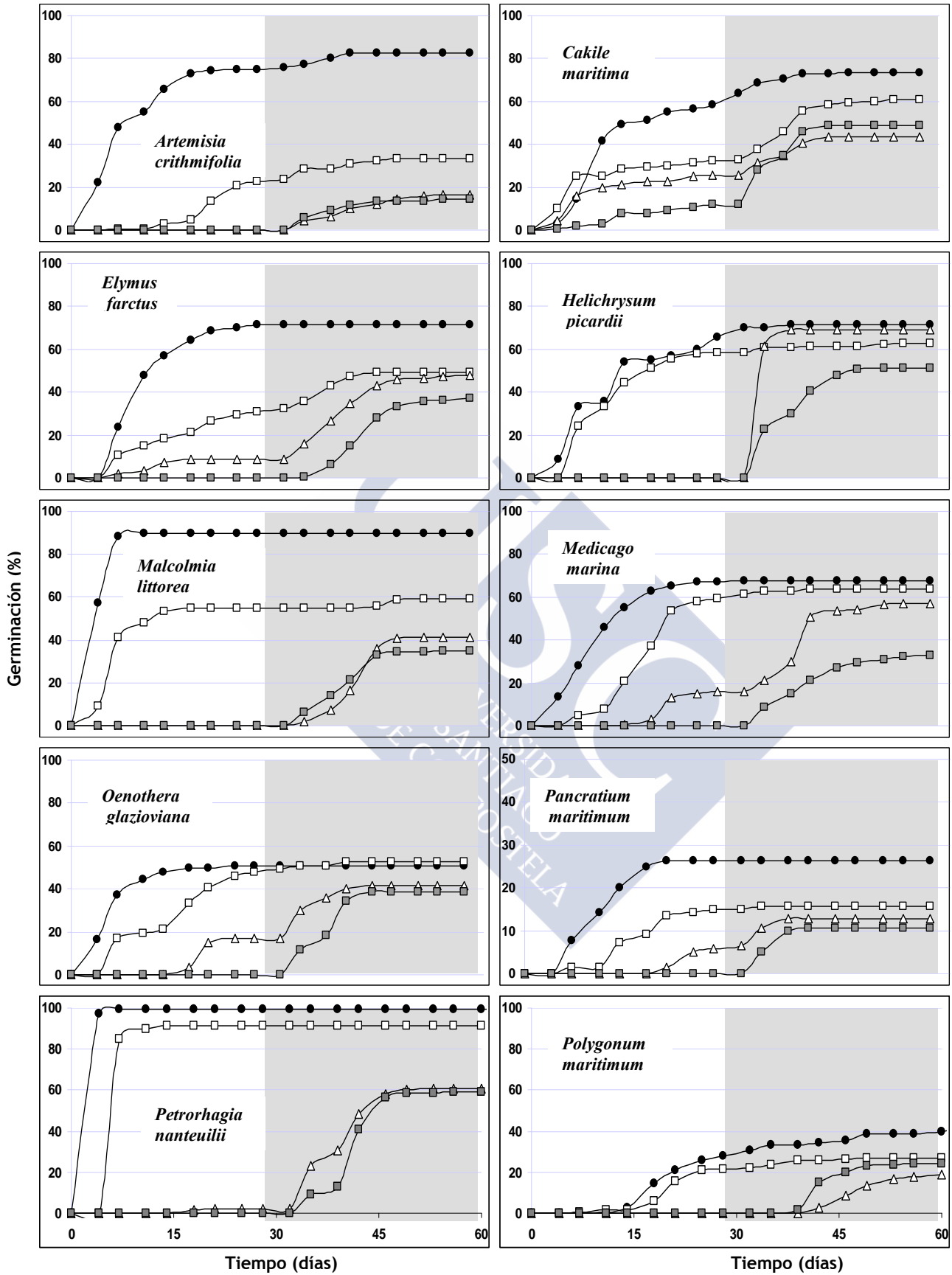


Figura 3.2. Dinámica de la germinación en salinidad (véase pie completo al final)

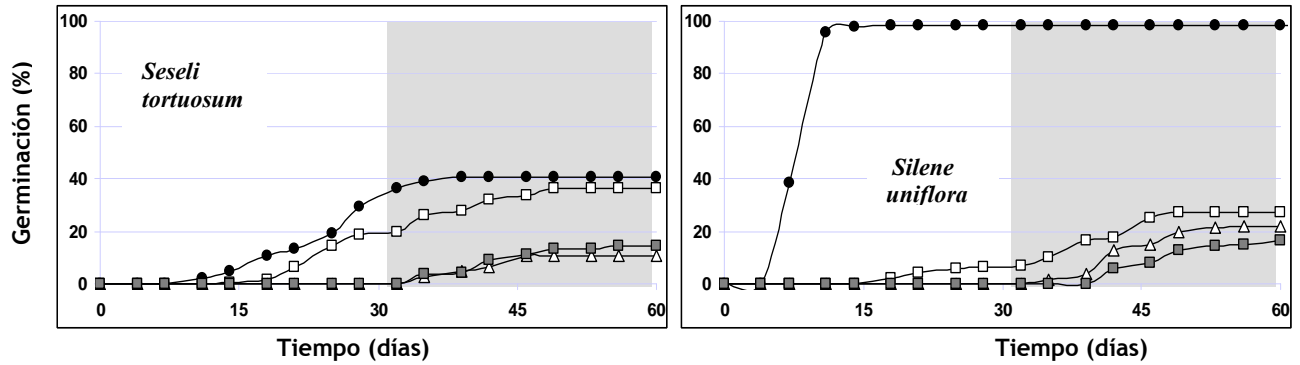


Figura 3.2. Dinámica de la germinación de doce especies de flora de litoral bajo diferentes concentraciones salinas (0 a 500mM de NaCl) y posterior transferencia a agua destilada. El periodo de recuperación (tiempo después de la germinación bajo condiciones salinas) se indica con una área sombreada. La escala de los ejes Y (% de germinación) varía entre gráficas. 0 mM NaCl (●) 100mM NaCl (□) 300 mM NaCl (Δ) 500 mM NaCl (■).

Helichrysum picardii mostró un nivel de germinación en sal medio (58,6%), significativamente menor que el control que presentó un nivel elevado (70%). El tiempo medio de germinación tras el tratamiento a baja concentración de sal no presentó diferencias significativas con el control, manteniéndose a un ritmo muy rápido, con un t_m inferior a dos semanas.

Los porcentajes de semillas recuperadas difirieron significativamente entre sí, resultando un nivel elevado a concentración moderada, medio a alta concentración y muy bajo a baja concentración de sal. Los t_m de germinación no difirieron entre sí en las tres concentraciones, presentando siempre un ritmo de germinación muy rápido; que no obstante difirió significativamente a moderada y alta concentración, en las que fue más rápido aún, con respecto al control.

Con respecto a la germinación final no existieron diferencias significativas entre el control y las concentraciones baja y moderada de sal con un nivel elevado, pero sí de la alta, con un nivel medio, con todos los demás.

Por lo tanto, concentraciones bajas de salinidad disminuyeron hasta un nivel medio la germinación, sin afectar a su ritmo. Los niveles de recuperación de la germinación fueron más elevados en las mayores concentraciones iniciales de salinidad, sin que se haya modificado tampoco entre ellas el ritmo de germinación, que no obstante fue más rápido que el del control. Finalmente, el nivel de germinación se mantuvo elevado con las concentraciones baja y media, y disminuyó hasta un nivel medio con la elevada de salinidad.

Germinación (nivel y tiempo medio) de las semillas						
Especies	Salinidad (mM)	GS (%)	t _m (días)	GR (%)	t _m (días)	GF (%)
<i>Artemisia crithmifolia</i>	0	75,72±6,00 ^a	9,28±0,76 ^a	-	-	82,86±5,83 ^a
	100	23,57±5,13 ^b	21,74±1,13 ^b	12,21±4,55 ^a	11,36±1,12 ^a	33,57±1,37 ^b
	300	0,00±0,00 ^c	-	16,42±2,95 ^a	14,19±2,90 ^a	16,42±2,95 ^c
	500	0,00±0,00 ^c	-	14,28±3,09 ^a	9,61±1,54 ^a	14,28±3,09 ^c
<i>Cakile maritima</i>	0	63,57±5,88 ^a	13,73±0,89 ^a	-	-	73,57±5,88 ^a
	100	32,85±4,74 ^b	8,45±1,75 ^b	41,46±4,77 ^a	10,97±1,38 ^{a,1}	60,71±4,42 ^b
	300	25,71±3,09 ^b	9,93±1,47 ^b	25,69±3,60 ^b	9,47±1,47 ^{a,1}	43,57±4,27 ^c
	500	12,14±2,95 ^c	16,00±0,82 ^a	41,60±3,58 ^a	8,64±0,37 ^{a,1}	48,57±4,21 ^c
<i>Elymus farctus</i>	0	71,43±2,02 ^a	11,97±0,38 ^a	-	-	71,43±2,02 ^a
	100	32,14±4,79 ^b	15,16±0,83 ^b	26,29±5,25 ^a	10,07±0,85 ^{a,1}	49,28±6,84 ^b
	300	8,57±3,08 ^c	12,12±1,06 ^a	43,27±4,90 ^b	11,83±0,84 ^{a,1}	47,85±5,76 ^{b,c}
	500	0,00±0,00 ^d	-	37,14±5,47 ^b	15,22±0,52 ^{b,1}	37,14±5,47 ^c
<i>Helichrysum picardii</i>	0	70,00±9,72 ^a	12,86±1,03 ^a	-	-	71,43±8,57 ^a
	100	58,57±7,60 ^b	11,81±1,00 ^a	10,33±0,49 ^a	13,00±3,98 ^{a,1}	62,85±6,80 ^a
	300	0,00±0,00 ^c	-	69,28±3,37 ^b	5,43±0,23 ^{a,1}	69,28±3,37 ^a
	500	0,00±0,00 ^c	-	51,42±2,33 ^c	9,42±1,55 ^{a,1}	51,42±2,33 ^b
<i>Malcolmia littorea</i>	0	90,00±1,85 ^a	5,16±0,13 ^a	-	-	90,00±1,84 ^a
	100	55,00±4,42 ^b	7,81±0,75 ^b	10,05±4,82 ^a	15,83±0,16 ^a	59,28±5,00 ^b
	300	0,00±0,00 ^c	-	41,43±3,40 ^b	13,96±1,44 ^{a,b}	41,43±3,40 ^c
	500	0,00±0,00 ^c	-	35,00±4,72 ^b	12,01±0,81 ^b	35,00±4,72 ^c
<i>Medicago marina</i>	0	67,86±6,21 ^a	11,06±0,77 ^a	-	-	67,86±6,21 ^a
	100	61,42±2,47 ^a	18,02±1,07 ^b	6,25±6,25 ^a	*	63,57±4,10 ^{a,b}
	300	15,71±1,43 ^b	21,06±0,54 ^b	49,33±3,90 ^b	11,81±1,05 ^a	57,14±4,04 ^b
	500	0,00±0,00 ^c	-	32,85±4,74 ^c	12,06±1,68 ^a	32,85±4,74 ^c
<i>Oenothera glazioviana</i>	0	50,72±2,15 ^a	7,88±0,67 ^a	-	-	50,72±2,15 ^a
	100	49,28±4,72 ^a	16,24±2,01 ^b	6,38±2,96 ^a	10,44±1,55 ^a	51,36±3,09 ^a
	300	17,14±6,49 ^b	21,10±0,94 ^b	29,63±4,03 ^b	7,91±0,92 ^a	42,14±3,76 ^{a,b}
	500	0,00±0,00 ^c	-	38,57±4,12 ^b	9,85±0,32 ^a	38,57±4,12 ^b
<i>Pancratium maritimum</i>	0	26,43±3,94 ^a	12,56±0,75 ^a	-	-	26,43±3,94 ^a
	100	15,00±4,57 ^b	17,70±2,51 ^b	0,78±0,78 ^a	*	15,71±4,29 ^b
	300	6,42±2,70 ^c	26,50±1,84 ^c	6,96±1,02 ^b	6,50±0,95 ^{a,1}	12,85±3,40 ^b
	500	0,00±0,00 ^d	-	10,71±1,37 ^b	7,28±0,97 ^{a,1}	10,71±1,37 ^b
<i>Petrorhagia nanteuilii</i>	0	99,29±0,72 ^a	4,06±0,04 ^a	-	-	99,29±0,72 ^a
	100	91,43±3,87 ^b	7,33±0,11 ^b	0,00±0,00 ^a	-	91,43±3,87 ^b
	300	2,14±2,14 ^c	*	59,97±4,20 ^b	10,10±0,64 ^a	60,71±4,58 ^c
	500	0,00±0,00 ^c	-	59,28±8,99 ^b	12,17±0,18 ^b	59,28±8,99 ^c
<i>Polygonum maritimum</i>	0	30,72±7,03 ^a	21,96±1,47 ^a	-	-	41,43±6,44 ^a
	100	22,14±7,59 ^b	17,60±3,62 ^a	14,32±6,83 ^a	10,25±0,90 ^{a,1}	27,14±5,28 ^b
	300	0,00±0,00 ^c	-	18,57±1,84 ^{a,b}	18,47±1,13 ^{b,1}	18,57±1,84 ^b
	500	0,00±0,00 ^c	-	24,28±3,59 ^b	13,94±0,99 ^{c,1}	24,28±3,59 ^b
<i>Seseli tortuosum</i>	0	36,43±3,37 ^a	24,03±0,53 ^a	-	-	40,72±3,76 ^a
	100	20±4,04 ^b	24,52±0,67 ^a	20,83±2,41 ^a	10,63±1,46 ^{a,1}	36,43±4,86 ^a
	300	0,00±0,00 ^c	-	10,71±1,80 ^b	11,62±2,09 ^{a,1}	10,71±1,80 ^b
	500	0,00±0,00 ^c	-	14,28±1,17 ^{a,b}	12,43±0,74 ^{a,1}	14,28±1,17 ^b
<i>Silene uniflora</i>	0	98,57±0,83 ^a	9,54±0,33 ^a	-	-	98,57±0,83 ^a
	100	7,14±2,47 ^b	22,50±1,24 ^b	21,55±4,08 ^a	11,94±1,27 ^a	27,14±4,44 ^b
	300	0,00±0,00 ^c	-	22,14±3,57 ^a	13,62±2,12 ^{a,b}	22,14±3,57 ^{b,c}
	500	0,00±0,00 ^c	-	16,42±2,95 ^a	17,75±0,32 ^b	16,42±2,95 ^c

Tabla 3.1. Valores medios de los porcentajes y del tiempo medio de germinación de las 12 especies de flora litoral estudiadas bajo diferentes concentraciones salinas (0 a 500mM NaCl), valores medios de los porcentajes y del tiempo medio de recuperación después de ser transferidas a agua destilada y valores medios del porcentaje de germinación final. GS: Germinación en solución salina; GR:

Germinación de semillas recuperadas; GF: Germinación final. Valores medios acompañados del error estándar. Valores seguidos por la misma letra indican que no difieren significativamente. (*): no se han podido realizar pruebas post hoc para el log t_m de germinación al tener menos de dos casos.
¹Existencia de diferencias significativas entre t_m control y semillas recuperadas.

Malcolmia littorea presentó un patrón de respuesta a la sal bastante similar a *Helichrysum picardii*, ya que su nivel de germinación fue también medio (55%), significativamente menor que el control que presentó un nivel muy elevado (90%). El ritmo de germinación tras el tratamiento a baja concentración salina disminuyó significativamente con un t_m de una semana, pero siguió manteniéndose muy rápido, al igual que el control.

Los porcentajes de semillas recuperadas a moderada y alta concentración de sal fueron medios y difirieron significativamente con el de baja concentración, que fue menor, pero no entre sí. En cuanto al ritmo de germinación, presentó diferencias significativas entre el tratamiento de baja y alta concentración, aunque también se mantuvo en un rango muy rápido de t_m de entre doce y quince días.

El porcentaje de germinación final se homogenizó a moderada y alta concentración, alcanzando un nivel medio, no existiendo diferencias significativas entre ambos, pero sí con el de concentración baja, y con el control (muy elevada).

Por lo tanto, concentraciones bajas de salinidad disminuyeron hasta un nivel medio la germinación, sin afectar a su tiempo medio. Los niveles de recuperación de la germinación fueron más elevados en las mayores concentraciones iniciales de salinidad, sin que se haya modificado tampoco el tiempo medio de germinación. Finalmente, el nivel de germinación resultó medio con la concentración baja, disminuyendo progresivamente con la media y elevada de salinidad.

Petrorhagia nanteuillii presentó un nivel de germinación muy elevado a baja concentración salina (91,4%), sin embargo, este valor difirió significativamente con su control, ya que esta es un especie que alcanzó unos niveles de germinación cercanos al 100%. La sal a baja concentración apenas interfirió en la germinación de esta especie, pero lo suficiente para que fuese significativamente menor al control. El incremento de la concentración salina produjo una reducción casi total de la germinación, que disminuyó hasta el 2,1%. El ritmo de germinación fue significativamente menor en el caso del tratamiento de menor concentración salina (t_m de una semana) respecto al control (t_m cuatro días).

El nivel de semillas recuperadas fue del 59% a moderada y alta concentración, no produciéndose recuperación alguna con la baja concentración. Por tanto, el porcentaje de recuperación no presentó diferencias significativas a moderada y alta concentración pero sí las presentó con una baja concentración de sal. En cuanto al ritmo de germinación de las semillas recuperadas, los tratamientos de moderada y alta concentración de sal difirieron entre sí, aunque ambos poseen un ritmo muy rápido.

El porcentaje final de germinación disminuyó a medida que aumentó la concentración de sal, manteniéndose en niveles elevados; no existiendo diferencias significativas entre las concentraciones moderadas y altas, pero sí entre todas las demás, con niveles muy elevados.

De este modo, estamos ante una especie que presentó una alta tolerancia a concentraciones bajas de sal, aunque resultó significativamente afectada por ella con respecto al control. Además, superado ese grado de salinidad la germinación disminuyó drásticamente. La recuperación se acentuó con concentraciones moderadas y altas de sal pero en ningún caso se alcanzaron los niveles presentados a concentraciones bajas.

Polygonum maritimum es una especie en la que, aunque parece que no resultó demasiado alterado su nivel de germinación ante la presencia de sal con respecto al control (manteniéndose bajo en ambos casos), su disminución fue suficiente para observar diferencias significativas con el control. El ritmo de germinación tras el tratamiento a baja concentración de sal no presentó diferencias significativas con el control, conservando un ritmo rápido, con un t_m inferior a tres semanas.

Las semillas recuperadas alcanzaron un nivel bajo de germinación en todos los casos, siendo mayor cuanto más se aumentó inicialmente la concentración salina. Así se puede apreciar que a concentraciones intermedias no hubo diferencias con las bajas y altas, pero sí entre estas dos últimas. Los tres tratamientos difirieron entre sí en el ritmo de germinación de las semillas recuperadas, que resultó también rápido o incluso muy rápido; y también difirieron respecto al control, ya que el correspondiente a las semillas recuperadas fue significativamente más rápido en todas las concentraciones estudiadas.

El porcentaje de germinación final se homogenizó, manteniéndose en niveles bajos, no existiendo diferencias entre ninguno de los tratamientos (niveles bajos), pero sí de todos con el control (nivel medio).

Por tanto, estamos ante una especie que a juzgar por su nivel y ritmo de respuesta a bajas concentraciones de sal, parece que no resultó demasiado afectada por ésta, aunque fuese significativamente menor al control. La recuperación y la germinación final mantuvieron ese nivel medio de germinación en los tres tratamientos, pero siempre significativamente más bajos que el control. Por otro lado, el ritmo de germinación de las semillas recuperadas fue rápido (a concentración moderada) o muy rápido (a baja y alta concentración), siendo en estos dos casos además más rápido que el control, que mantuvo un ritmo rápido de germinación.

Seseli tortuosum es una especie que toleró moderadamente bajas concentraciones de sal si consideramos su nivel de germinación (20%), que fue bajo al igual que el control (36,4%), siendo este significativamente más elevado. El ritmo de germinación tras el tratamiento a baja concentración de sal no presentó diferencias significativas con el control, manteniéndose rápido, con un t_m en torno a tres semanas en ambos casos.

El porcentaje de recuperación de semillas se mantuvo bajo e incluso muy bajo en el caso de concentraciones moderadas. Los t_m de germinación no difirieron entre los tres tratamientos, presentando un ritmo de germinación muy rápido, con un t_m menor de dos semanas. El ritmo de germinación de las semillas recuperadas fue significativamente más rápido que el del control en todas las concentraciones de estudio.

El porcentaje de germinación final apenas varió a baja salinidad, que no difirió del control, pero sí lo hizo con moderada y alta, reduciéndose considerablemente, sin que existieran diferencias significativas entre ambas.

De este modo, la sal a baja concentración afectó significativamente a la germinación de esta especie, pero no a su tiempo medio. La recuperación de las semillas fue escasa a concentraciones bajas y más baja aún a concentraciones moderadas y elevadas. El ritmo de recuperación fue muy rápido no existiendo diferencias significativas entre las tres concentraciones, pero sí con respecto al control. Finalmente el nivel de germinación resultó similar al control a concentraciones bajas, y considerablemente menor a concentraciones medias y elevadas.

Silene uniflora resultó muy afectada por la presencia de sal, incluso a bajas concentraciones, en las que su nivel de germinación fue muy bajo, frente al muy elevado del control; en cuyo caso el ritmo de germinación disminuyó significativamente de muy rápido a rápido con respecto al control, con un t_m ligeramente superior a tres semanas.

La recuperación presentó un nivel bajo en todas las concentraciones, que no difirieron entre sí. Sin embargo, su tiempo medio de germinación difirió entre las recuperadas tras una baja y alta concentración de sal, observándose un paulatino descenso del ritmo desde menor a mayor concentración, siendo muy rápido en los dos primeros tratamientos y rápido en el tercero.

El porcentaje final de germinación fue bajo en todos los casos y mostró una ligera progresión del tratamiento a baja salinidad que logró alcanzar un 27,14%, o de salinidad media del 22,1%, porcentajes que no difirieron entre sí, pero sí lo hicieron con la de alta concentración, algo más bajo y con el control, muy elevado.

Por lo tanto, se trata de una especie claramente sensible a la sal dada la diferencia de germinación entre su control y sus niveles ante bajas concentraciones salinas. La recuperación de semillas fue significativamente similar (nivel bajo), aunque lejos del control.

Especies que son capaces de germinar hasta en concentraciones moderadas de sal

Son aquellas que germinaron hasta concentraciones de 300mM de NaCl. En este grupo se incluyen las siguientes especies: *Elymus farctus*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana* y *Pancreatium maritimum*. Entre ellas, *Medicago marina* y *Oenothera glazioviana* no modifican su nivel pero sí disminuyen su ritmo de germinación con concentraciones bajas, y las otras dos disminuyen ambos; mientras que con concentraciones moderadas todas reducen su nivel y todas, excepto la primera, también disminuyen su ritmo de germinación.

Elymus farctus mostró su nivel más alto de germinación en sal (32,1%) tras el tratamiento a 100mM, valor significativamente menor a su control que alcanzó un nivel elevado. A mayor concentración dicho nivel es significativamente menor al control y a la de 100mM. El ritmo de germinación fue muy rápido en todos los casos, en el tratamiento de baja concentración fue significativamente menor que el control con un t_m superior a dos semanas; no obstante, a moderadas concentraciones de sal no existieron diferencias significativas con el control, siendo en ambos casos inferior a dos semanas.

El porcentaje de recuperación alcanzó niveles medios y no presentó diferencias significativas a concentraciones medias y altas (37,1 y 43,3% respectivamente), pero ambas se

diferenciaron del tratamiento a baja concentración cuyo porcentaje de recuperación fue menor (26,3%). No existieron diferencias significativas en el tiempo medio de germinación de las semillas recuperadas del primer y segundo tratamiento, pero sí las hubo con el tercero de alta concentración de sal que fue algo más lento; no obstante en todo caso, el ritmo fue para los tres tratamientos muy rápido. El t_m de germinación de las semillas recuperadas a baja y moderada concentración fue mayor al del control, existiendo diferencias significativas en el ritmo de germinación de semillas recuperadas entre las tres concentraciones y el control.

El porcentaje de germinación final se mantuvo en niveles medios (entre el 37 y 49%), difiriendo entre mayor y menor concentración pero no con la concentración media. En todo caso en las tres resultó significativamente menor que el control, que presentó un nivel elevado.

Por lo tanto, concentraciones bajas y moderadas de salinidad disminuyeron hasta un nivel bajo o muy bajo la germinación de esta especie, sin afectar a su ritmo. Se alcanzaron niveles de recuperación de la germinación, algo más elevados en las mayores concentraciones iniciales de salinidad, sin que se modifique tampoco el ritmo de germinación entre sí, aunque resultó más rápido que el control. El nivel final de germinación resultó medio con la concentración baja, disminuyendo ligeramente con la media y elevada de salinidad.

Medicago marina mostró una gran tolerancia a bajas concentraciones de sal, ya que presentó un nivel de germinación elevado, similar a su control. Sin embargo, a concentración moderada su descenso fue notable, alcanzando niveles bajos. El ritmo de germinación de los dos tratamientos fue significativamente menor que el control, además, estos dos tratamientos no difirieron entre sí, alcanzando un ritmo rápido, con un t_m de entorno a dos o tres semanas, mientras que en el control fue muy rápido e inferior a dos semanas.

El máximo porcentaje de recuperación se obtuvo a moderada concentración (49,3%), presentando un nivel muy bajo a baja concentración y bajo a elevada concentración, todos ellos significativamente diferentes entre sí. No existieron diferencias significativas en el ritmo de germinación entre los dos tratamientos tras la recuperación de las semillas, alcanzando un ritmo muy rápido.

El porcentaje de germinación final mostró sus diferencias en una tendencia a disminuir de mayor a menor concentración salina; a alta concentración el nivel fue bajo, a moderada concentración el nivel fue medio y a baja concentración y en el control el nivel fue elevado; no existiendo diferencias entre el tratamiento de baja salinidad y el control, ni entre los niveles bajo y moderado pero sí entre el nivel elevado, con todos los anteriores y el control.

Por lo tanto, concentraciones bajas de salinidad no afectaron al nivel de germinación, pero sí a su ritmo que se ralentizó ligeramente. Las concentraciones moderadas afectaron al nivel, que resultó bajo, y al ritmo que también disminuyó. Los niveles de recuperación de la germinación fueron más elevados en las mayores concentraciones iniciales de salinidad, sin que se haya modificado tampoco el ritmo de germinación. Finalmente, el nivel de germinación resultó elevado con la concentración baja, disminuyendo progresivamente con la media y elevada de salinidad hasta niveles medios.

Oenothera glazioviana manifestó un patrón de respuesta a la sal similar a *Medicago marina*; mostrando una notable tolerancia a bajas concentraciones de sal al presentar un nivel de germinación medio, similar a su control. Sin embargo, no toleró del mismo modo una concentración moderada, descendiendo hasta niveles bajos, significativamente diferentes de los anteriores. El ritmo de germinación de los tratamientos de baja y moderada concentración salina fue significativamente menor que el control, aunque no difirieron entre sí, alcanzando un ritmo rápido que va disminuyendo según la concentración de sal, hasta llegar a un t_m de tres semanas a alta concentración, una gran diferencia con el control que registró un t_m de una semana (muy rápido).

El porcentaje de semillas recuperadas no presentó diferencias significativas a moderada y alta concentración salina (ambas con un nivel bajo), pero difirió con el alcanzado a baja concentración de sal que fue sólo del 6,4%. No existieron diferencias significativas en el ritmo de germinación entre los tres tratamientos tras la recuperación de las semillas, muy rápido con un t_m de alrededor de una semana.

El porcentaje de germinación final fue medio hasta una concentración moderada, no existiendo diferencias significativas entre ellos y el control. A concentraciones altas el porcentaje final de germinación disminuyó hasta niveles bajos, sin embargo no difirió con el valor obtenido a concentración moderada de sal.

Como en el resto de casos, la salinidad disminuyó la germinación, aunque en esta especie sólo lo hizo a partir de una concentración moderada de sal, afectando también a su ritmo. El porcentaje de recuperación se incrementó a medida que aumentó la concentración salina, al final los datos se estabilizaron entorno al nivel medio de germinación.

Pancratium maritimum mostró un patrón claro de respuesta a la sal; a medida que aumentó la concentración salina descendió el nivel de germinación difiriendo todos los tratamientos entre sí y con el control con un nivel bajo. Los dos tratamientos muestran un ritmo de germinación rápido significativamente menor que el control, con un t_m inferior a dos semanas y muy rápido.

El nivel de recuperación fue muy bajo o bajo, mostrando una tendencia de recuperación al alta a medida que aumentó la concentración de sal. En todo caso esta recuperación no fue superior al 10,7%. No existieron diferencias significativas en el ritmo de germinación entre los dos tratamientos tras la recuperación de las semillas, alcanzando un ritmo muy rápido con un t_m de una semana o menos, pero sí existieron en relación con el control a moderada y alta concentración.

El porcentaje final de los tres tratamientos no presentó diferencias significativas entre sí, siendo en los tres casos de nivel bajo; todos ellos difirieron del control que alcanzó el 26,4%.

Por tanto, *Pancratium maritimum* manifestó una clara tendencia de descenso en el nivel y en el ritmo de la germinación con la salinidad; del mismo modo su porcentaje de recuperación, bajo o muy bajo, se acentuó a medida que aumentó la concentración salina, sin afectar a su ritmo, que no obstante fue más rápido que el control. Al final, el porcentaje de

recuperación se homogenizó en los tres tratamientos en un nivel bajo, pero siempre significativamente menor que el control.

Especies que toleran elevadas concentraciones de sal

Son aquellas especies cuyas semillas pudieron germinar hasta concentraciones altas de sal ($\leq 500\text{mM}$). En este grupo sólo se encontró *Cakile maritima*. En esta especie, la salinidad disminuye progresivamente el nivel de germinación, mientras que su efecto sobre el ritmo no presenta una tendencia clara.

Cakile maritima alcanzó un máximo de germinación en salinidad de 32,8%; de hecho, los tres tratamientos presentaron un nivel bajo de germinación en sal. Este porcentaje difirió significativamente con el control que presentó un nivel elevado, pero no con el nivel obtenido a concentración moderada de sal y sí con el de alta concentración, donde el nivel de germinación descendió hasta un 12,1%, el cual a pesar de ser bajo, muestra la alta tolerancia a la sal de esta especie. El ritmo de germinación del tratamiento de baja y moderada concentración, con un t_m en torno a una semana (muy rápido), fue significativamente más rápido que el control y que el tratamiento de alta concentración, el cual, no presentó diferencias significativas con el control cuyo t_m fue inferior a dos semanas (también muy rápido).

El nivel de semillas recuperadas fue variable, siendo significativamente similar a baja y alta concentración donde se alcanzó un nivel de germinación medio, mientras que fue bajo a concentración moderada difiriendo con los otros dos. No se obtuvieron diferencias significativas entre los tres tratamientos de semillas recuperadas para el tiempo medio t de germinación, que se relaciona con un ritmo muy rápido; no obstante dicho ritmo de germinación fue significativamente más rápido que el control en todas las concentraciones estudiadas.

El nivel de germinación final más alto fue el presentado por el tratamiento de baja concentración (60,7%), que sin embargo difirió del control que mostró un nivel mayor. A mayor concentración salina el porcentaje final fue similar, entorno al 45,5%, nivel medio.

Por lo tanto, la salinidad disminuye tan solo moderadamente la germinación, acelerando su ritmo a baja y moderada concentración. Su nivel de recuperación es medio (baja y alta concentración) o bajo (moderada concentración), presentando un ritmo muy rápido sin diferencias entre sí, más rápido que el del control.

La relación entre las distintas concentraciones salinas y el nivel de germinación se determinó para cada especie a través de las correspondientes ecuaciones de regresión lineal (Figura 3.3 y Tabla 3.8 del anexo). A la vista de los datos de significación de los correspondiente análisis de varianzas, en todas las especies estudiadas existen diferencias significativas entre ambos factores estudiados, dado que la $p \leq 0,05$ en todos los casos, por tanto, asumimos varianzas distintas y la existencia de una relación entre germinación y concentración salina. Todas las especies presentaron una elevada significación ($R^2 = 62-89\%$), con un coeficiente de correlación ($R > 0,78$) elevado. Por tanto, en todas las especies habría una relación alta o muy alta entre concentración salina y nivel de germinación, existiendo una relación inversa entre nivel de germinación y concentración salina. De este modo, podríamos

predecir que el nivel de germinación decrecería progresivamente con el aumento de la concentración salina. Los mayores niveles de germinación se presentaron en condiciones no salinas; en los controles (0mM de NaCl). A bajas concentraciones salinas las semillas presentan siempre germinación, aunque esta es muy variable; desde el 91,43% de *Petrorhagia nanteuilii* al 7,14% de *Silene uniflora*. Además la gran mayoría de las especies germina a baja o moderada concentración salina y sólo una lo hace también a alta concentración (Tabla 3.1).

En todas las especies el nivel de germinación de semillas recuperadas fue muy variable y nunca superior al 70%. (Tabla 3.2 del anexo). *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Elymus farctus*, *Malcolmia littorea*, *Pancratium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum* y *Silene uniflora* presentaron un porcentaje de recuperación menor al control y su porcentaje de germinación final difirió del control a cualquier concentración. Tan solo *Helichrysum picardii* y *Oenothera glazioviana* (a baja y moderada concentración) y *Medicago marina* y *Seseli tortuosum* (a baja concentración), lograron recuperar niveles de germinación significativamente similares al control en la germinación final, lo que también se observó en *Petrorhagia nanteuilii*, con la baja, que se recuperó hasta niveles elevados; y en todas ellas salvo *Helichrysum picardii*, a moderada y elevada salinidad dicha germinación final resultó significativamente menor que la del control. En relación con el nivel de germinación control la mayoría de las especies alcanzaron finalmente la germinación de al menos la mitad, destacando por una mayor reducción *Artemisia crithmifolia*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*.

Los niveles de recuperación de la mayoría de las especies fueron más elevados en las mayores concentraciones iniciales de salinidad, salvo *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora* en las que resultaron similares o incluso más bajos; mientras que el ritmo resultó similar entre ellas o incluso algo más lento con elevada salinidad (*Elymus farctus*, *Polygonum maritimum* y *Silene uniflora*) y también similar al respectivo control, excepto en *Cakile maritima*, *Helichrysum picardii*, *Pancratium maritimum*, *Polygonum maritimum* y *Seseli tortuosum* que lo fue más rápido, y en *Malcolmia littorea*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Silene uniflora*, más lento.

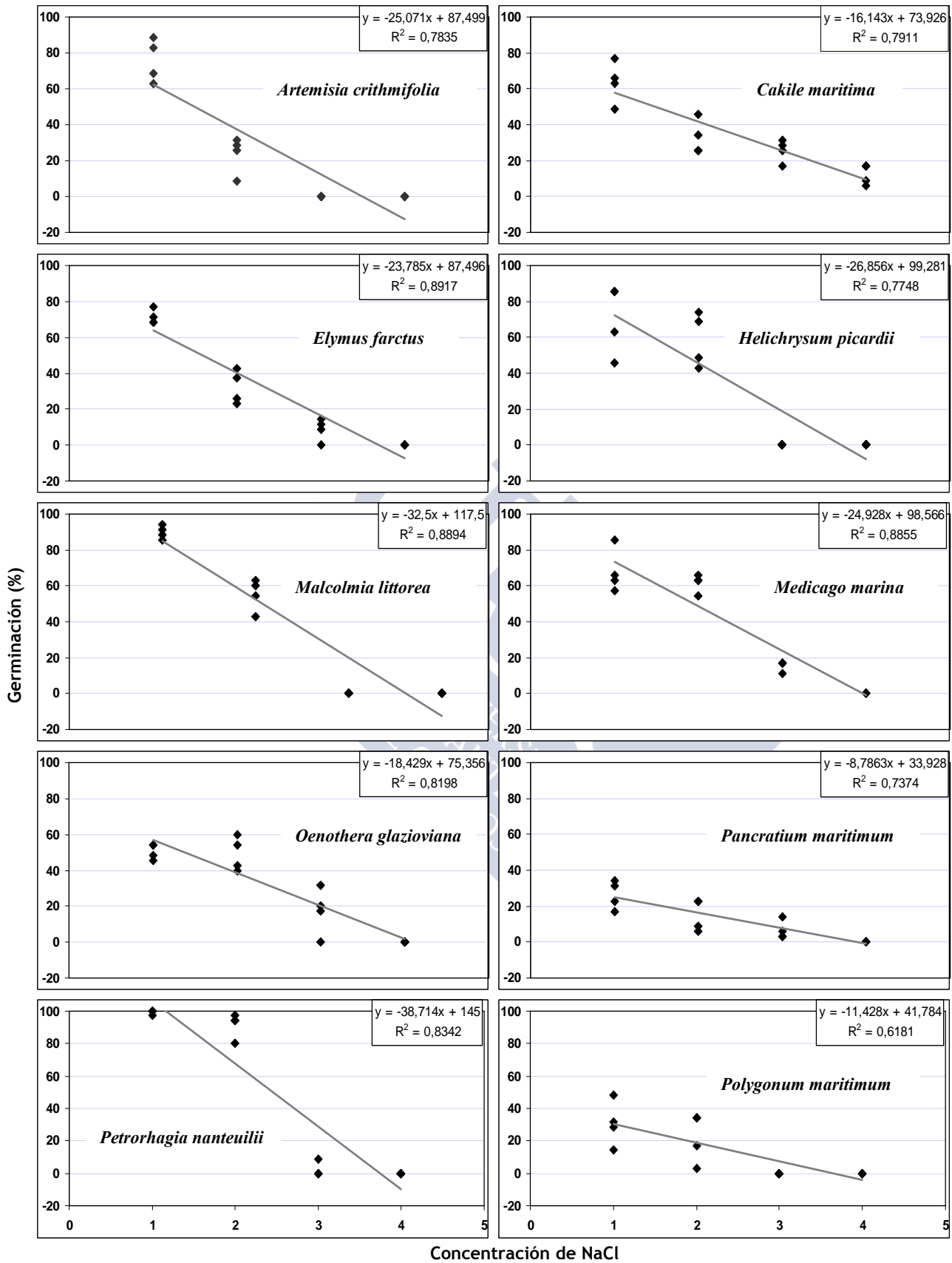


Figura 3.3. Efecto de la concentración de NaCl en la germinación (véase pie completo al final)

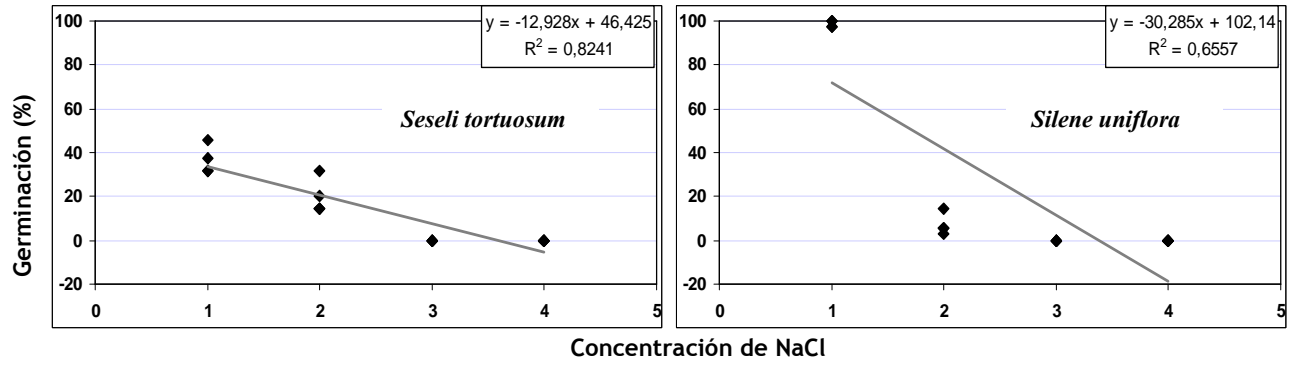


Figura 3.3. Efecto de la concentración de NaCl en la germinación después de treinta días de incubación en las condiciones de su propio medio natural. Cada número se corresponde con un nivel de concentración salina (1: 0mM NaCl; 2: 100mM NaCl; 3: 300mM NaCl; 4: 500mM NaCl).



3.4. DISCUSIÓN

3.4.1. *Dinámica de germinación con la salinidad*

En todas las especies estudiadas, en las condiciones de su medio natural, la germinación más elevada se corresponde con el control (no salinidad), seguida de la correspondiente a niveles bajos de salinidad, que disminuye gradualmente la germinación de las especies estudiadas, las cuales muestran una respuesta específica, hasta hacerla nula (Figura 3.2, Tabla 3.1), como se ha podido constatar en halófitas (Martínez *et al.*, 1992, Khan & Ungar, 1997a,b; Katembe *et al.*, 1998; Gul & Weber, 1999; Khan *et al.*, 2000; Pujol *et al.*, 2000; Huang *et al.*, 2003; Necajeva & Ievinsh, 2008, Qu *et al.*, 2008, Guja *et al.*, 2010, Robles *et al.*, 2010); lo que confirma la hipótesis general de su respuesta germinativa. Entre todas ellas solamente una, *Cakile maritima*, mantiene cierto nivel de germinación con los valores más elevados de salinidad, en los que la mayoría no germina; característica que también presentan otras especies de arenales costeros (Woodell, 1985, Martínez *et al.*, 1992, Necajeva & Ievinsh, 2008, Guja *et al.* 2010); lo que sugiere que las especies características de este tipo de hábitats pueden ser menos tolerantes a la salinidad que las de otros hábitats frecuentemente inundados, como marismas, o que las de desiertos salinos, en los que el nivel de tolerancia puede ser mucho más elevado (Woodell, 1985; Herranz *et al.*, 2004). En este sentido Woodell, (1985) ha establecido una relación entre la tolerancia a la salinidad de las semillas y el tipo de hábitat en que se desarrollan, planteándose la necesidad de conocer de forma más precisa los mecanismos fisiológicos implicados en la misma así como el “ajuste” de dicha relación; mientras que Baskin & Baskin (1998) señalan que la tolerancia a la salinidad de una especie no debe relacionarse únicamente con el nivel de salinidad de su hábitat, sino también a la condiciones ambientales (temperatura, disponibilidad de agua) necesarias para su germinación, ya que si estas condiciones coinciden con el periodo de menor salinidad las semillas no requerirían una mayor tolerancia a la misma, lo que parece ocurrir en los estudios anteriormente mencionados de plantas de arenales costeros (Necajeva & Ievinsh, 2008) y también en el nuestro, ya que en las condiciones ambientales favorables para la germinación de primavera (Figura 1.2) las precipitaciones son frecuentes y abundantes.

3.4.2. *Dinámica de semillas recuperadas*

Las semillas de todas las especies estudiadas que no han germinado en los tratamientos salinos, tras el paso por agua destilada vuelven a germinar recuperando en mayor o menor medida la germinación (Tabla 3.1), lo que indica que su inhibición con la salinidad es de naturaleza osmótica y reversible (Ungar, 1982; Woodell, 1985; Keiffer & Ungar, 1997, Herranz *et al.*, 2004, Robles *et al.*, 2010). En cuatro de ellas (*Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*) los niveles de recuperación no difieren entre las concentraciones de salinidad, o incluso son más bajos cuando la concentración es alta. Esta consecuencia de la exposición a una elevada concentración de sal ha sido descrita anteriormente (Woodell, 1985; Martínez *et al.*, 1992; Guja *et al.*, 2010), observando una reducción en el nivel de recuperación en semillas que han sido expuestas a altas concentraciones de sal en especies de línea de costa, dunas fijas y embrionarias que experimentan inundaciones ocasionales.

En la mayoría de las especies el nivel de recuperación sigue una tendencia clara de aumento con la concentración de sal. Estas especies, incrementaron su porcentaje de recuperación según aumentó la concentración salina, lo que se observa claramente en *Oenothera glazioviana*, *Pancreatium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Polygonum maritimum* y además en *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea* y *Medicago marina* al menos en relación con el nivel más bajo de salinidad, resultados que concuerdan con lo encontrado para muchas especies halófitas, que pueden recuperar su germinación tras una exposición inicial a diferentes niveles de salinidad, alcanzando finalmente incluso una germinación más elevada cuanto más lo era dicho nivel (Khan & Ungar, 1997a,b; Gul & Weber, 1999; Khan *et al.*, 2000; Huang *et al.*, 2003; Qu *et al.*, 2008), como es el caso de *Allenrolfea occidentalis* halófito de pantanos y lagunas costeras (Gul & Weber, 1999), de *Haloxylon ammodendron* en los desiertos áridos salobres de Asia Central (Huang *et al.*, 2003) y *Halocnemum strobilaceum*, de desiertos salinos, cuyas semillas incrementan su germinación una vez son extraídas del medio salino, siendo sus niveles de recuperación mayores cuanto mayor era la concentración salina a la que habían sido expuestas (Qu *et al.*, 2008). Esta es de hecho, una de las principales características de las especies halófitas; la capacidad para germinar tras ser expuestas a altas concentraciones de sal durante largo tiempo, conservando su capacidad de germinativa cuando desaparecen las condiciones salinas (Khan & Ungar, 1996; Ungar, 1996, Qu *et al.*, 2008); por lo que la combinación de esta característica con la de inhibir la germinación ante el estrés salino es un criterio que permite distinguir las glicófitas (Khan & Ungar, 1984; Khan & Gul, 2006).

Para estos autores las especies que están mejor adaptadas a la salinidad son aquellas que presentan los niveles más elevados de recuperación, partiendo de la base de que mantienen intacta su capacidad para germinar cuando están sometidas a altas concentraciones de sal y que una vez estas desaparecen recuperan los niveles previos al contacto con la sal; lo que en ambiente atlántico se puede producir con las precipitaciones habituales de otoño, invierno y primavera, con las que se eleva el potencial osmótico del suelo, se hidratan las semillas y rompen su dormición, especialmente en primavera, donde se dan las condiciones óptimas para su germinación (Capítulo I). Este es el caso de *Helichrysum picardii* y *Oenothera glazioviana* (a baja y moderada concentración) y *Medicago marina*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Seseli tortuosum* (a baja concentración), que recuperan niveles de germinación final similares al control. Como se ha señalado anteriormente, en relación con el nivel de germinación control la mayoría de las especies alcanzan finalmente la germinación de al menos la mitad, destacando *Artemisia crithmifolia*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora* por una mayor reducción de dicho nivel, lo que indica que el hecho de haber estado en un medio muy salino parece afectar la viabilidad de las semillas de estas tres especies, en todos los niveles de salinidad, ya que casi en ningún caso alcanzan los niveles de germinación del control. Este parece ser el comportamiento más usual tras el tratamiento salino, como así se observa en nuestro estudio, resultados similares se obtuvieron en hábitats similares por Woodell (1985) y por Necajeva & Ievinsh, (2008). No obstante, existen especies cuya germinación se ve permanentemente inhibida por altas concentraciones salinas como indican Khan & Ungar, (1997ab) para *Zygophyllum simplex*, que difícilmente logra recuperar su capacidad de germinación tras transferir sus semillas a un medio con agua destilada, o de *Linaria vulgaris* cuyas semillas tras ser incubadas a baja salinidad son inhibidas y no se recuperaron (Necajeva & Ievinsh, 2008).

Es de señalar no obstante que dichas características germinativas de las plantas mejor adaptadas a la salinidad (Qu *et al.*, 2008) en nuestro caso no solamente las presentan las especies más características de los hábitats dunares, sino las más generalistas o incluso invasoras como es el caso de *Petrorhagia nanteuilii* y *Oenothera glazioviana* respectivamente; como también han descrito Nandula *et al.*, (2006) en la invasora *Conyza canadiensis*. En estas dos especies destaca sobre todo su capacidad de recuperación, especialmente en *Oenothera glazioviana*, lo que contrasta con los resultados de Voronkova & Kholina, (2010) quienes encuentran que las semillas de las plantas no adaptadas a las condiciones de litoral carecen de dicha capacidad. Es de señalar también que *Petrorhagia nanteuilii* es considerada en otras localidades atlánticas como una especie rara de litoral, de interés para conservación (Gardner & Burningham, 2013). Se precisan pues más estudios para determinar en qué medida la respuesta germinativa de tolerancia/recuperación en ambientes salinos guarda relación con la composición específica de dichos hábitats.

3.4.3. Ritmo de germinación

El ritmo de germinación registrado en el control de la mayoría de las especies estudiadas fue muy rápido (*Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Pancratium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Silene uniflora*), mientras que para dos especies fue rápido (*Polygonum maritimum* y *Seseli tortuosum*).

En cuanto al efecto de la salinidad sobre el ritmo de germinación, la tendencia más general es la de su disminución, de modo que de todas las especies estudiadas hay ocho (*Artemisia crithmifolia*, *Elymus farctus*, *Malcolmia littorea*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Pancratium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Silene uniflora*) cuyo ritmo de germinación disminuye significativamente cuando se ven sometidas a un medio salino de cualquier concentración, son por tanto especies cuyo ritmo de germinación se ve afectado ante la presencia de sal en el medio, destacando; *Artemisia crithmifolia* y *Silene uniflora* que pasan de tener un t_m de 9 días a 22 días en sal a baja concentración u *Oenothera glazioviana* que pasa de 8 días a 21 a moderada concentración. En cualquier caso, a medida que aumenta la concentración salina el ritmo de germinación se hace más lento, aunque nunca llega a bajar para ninguna especie de un ritmo rápido de germinación, por lo que se puede afirmar que aunque la sal demora la germinación, para estas especies no lo hace de modo muy sensible.

Por otro lado, el ritmo de germinación de las semillas recuperadas fue significativamente más rápido que el control en seis especies (*Cakile uniflora*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Pancratium maritimum*, *Polygonum maritimum* y *Seseli tortuosum*) (Tabla 3.6 del anexo). La rápida recuperación de dichas especies podría ser una respuesta adaptativa ante una bajada transitoria de la sal y podría tener consecuencias ecológicas favorables para estas especies, al permitirles germinar antes que sus especies compañeras que no las ensombrecen y competir con ventaja con éstas. En este sentido, como indica Hendrix (1984), las plántulas que emergen primero tienen más probabilidades de supervivencia al disponer de mayores recursos, lo que las hace más adecuadas para programas de restauración o conservación de hábitats costeros. Sin embargo, para algunos autores como Pujol *et al.*, (2000) la estrategia de aumentar el ritmo de germinación tras la bajada transitoria de la concentración de sal en el medio, podría perjudicar la supervivencia de las plántulas y causar

su muerte si el suelo no mantiene la humedad suficiente, lo que en ambiente atlántico es menos probable.

Por lo tanto, en todas las especies de litoral atlántico estudiadas en las condiciones de su propio medio natural favorables para su germinación, ésta presenta su nivel máximo en ausencia de salinidad, y disminuye a medida que esta aumenta, mostrando una respuesta específica tolerando dosis bajas o intermedias, pero no elevadas. Todas las especies recuperan en mayor o menor medida la germinación y en la mayoría de ellas el nivel de recuperación es más elevado con la mayor salinidad, lo que indica que su inhibición con la salinidad es reversible; no obstante el hecho de haber estado en un medio muy salino parece afectar su viabilidad en todos los niveles de salinidad, ya que casi en ningún caso alcanzan los niveles de germinación del control. La mayoría de las especies ralentizan su ritmo de germinación con la salinidad, y la mitad de ellas lo aceleran cuando se produce la recuperación de la misma. De esta forma se contribuye a la teoría general de la respuesta germinativa de halófitos, verificando sus características de tolerancia y recuperación, tanto en cuanto al nivel como al ritmo, así como la hipótesis de que el grado de exposición a la salinidad en su hábitat puede estar relacionado con los niveles de tolerancia de la misma.

3.4.4. Clasificación de los tipos de respuesta ante la salinidad

Woodell, (1985) propone tres tipos de respuesta germinativa a la salinidad en plantas de litoral. El tipo 1 estaría caracterizado por una germinación muy baja o nula en condiciones de salinidad moderada o elevada y una reducción significativa de la misma de las semillas recuperadas. El tipo 2 lo presentan aquellas especies en las que la germinación es fuertemente inhibida por concentraciones de sal del nivel del agua marina, pero que después de transferirlas a agua destilada, las semillas recuperan el nivel de germinación del control (por ejemplo *Armeria maritima* con 92% germinación control, que se reduce a 6%, 0 y 0% en salinidad y que pasa a 72, 77, 75% respectivamente en semillas recuperadas; la misma especie recogida en otra población presenta 97% control, 17, 6, 0% en salinidad y 94, 90, 92% en recuperadas). El tipo 3 lo presentan aquellas especies que **a)** mantienen cierto nivel de germinación en concentraciones más elevadas y luego recuperan niveles similares o superiores al control (por ejemplo *Limonium bellidifolium*, con 49% control, 5, 5, 2% salinidad y 97, 99, 94% recuperadas; o la misma especie con datos tomados de Boorman, (1966), con 23% control, 23, 10, 7% salinidad y 32, 25, 34% recuperadas; o **b)** presentan una germinación nula o muy baja en condiciones de salinidad moderada o elevada, y también recuperan a niveles superiores al control (por ejemplo *Honkenya peploides* con 1% control, 0, 0, 0% salinidad y 1, 3, 6%, recuperadas o *Crambe maritima*, 9% control, 0, 0, 0% salinidad y 14, 21, 23% recuperadas).

Necajeva & Ievinsh, 2008 encuentra dos tipos de respuesta germinativa, que identifican con tipo 1 (baja tolerancia a la sal) y tipo 2 (intermedia tolerancia a la sal) de Woodell (1985). Mientras que Guja *et al.*, (2010) describen cuatro tipos, según los niveles de germinación en salinidad (concentraciones moderadas; 200-300mM o elevadas; ≥ 400 mM) (dos niveles: sin germinación y algo de germinación) y los de recuperación (dos niveles: menor que el control, o algo superior que el control).

Para comentar nuestros resultados nos hemos basado en un esquema similar al propuesto por Guja *et al.*, (2010), adaptándolo a nuestro estudio; donde las semillas de todas

las especies estudiadas han germinado y se han recuperado en un amplio rango de salinidad, mostrando una respuesta específica con tres patrones de respuesta a la misma:

Un primer tipo que hemos denominado de baja tolerancia a la sal, donde concentraciones moderadas y altas de sal inhiben la germinación. Tras el paso a agua destilada las semillas no recuperan los niveles del control, siendo menor su nivel final de recuperación si estuvieron sometidas a concentraciones mayores de sal. Este tipo correspondería con el Tipo 1 de Woodell, (1985) y el Tipo 1 de Necajeva & Ievinsh, (2008) y al tipo a) de Guja *et al.*, (2010). En este grupo se incluirían *Artemisia crithmifolia*, *Malcolmia littorea*, *Petrorhagia nanteuillii*, *Polygonum maritimum*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*, especies que han germinado a bajas concentraciones de sal, pero no lo han hecho a concentraciones moderadas y elevadas, como han descrito Woodell (1985) en dunas de la costa británica (*Ammophila arenaria*, *Cakile maritima*, *Elymus arenarius*, *Elymus farctus*, *Lotus corniculatus* entre otras); Martínez *et al.*, (1992) en dunas tropicales; Necajeva & Ievinsh, (2008) en el litoral Báltico (*Anthyllis maritima* y *Linaria vulgaris*) y Guja *et al.*, (2010) en el litoral australiano (*Cakile maritima*, *Conostylis candicans*, *Myoporum insulare*, *Scaevola crassifolia* y *Spyridium globulosum*). Entre las especies pertenecientes a este primer grupo, encontramos algunas adaptadas a un ambiente más rocoso como *Silene uniflora*; adaptado a arenales, acantilados y roquedos marítimos, *Polygonum maritimum* en playas, dunas embrionarias y fisuras de acantilados costeros; *Artemisia crithmifolia* y *Malcolmia littorea* se localizan preferentemente en duna fija; secundaria y terciaria, o especies más generalistas como *Seseli tortuosum* y *Petrorhagia nanteuillii* (Tabla 1.2). La localización de estas especies detrás de la primera línea de costa es concordante con su baja tolerancia a la salinidad, exceptuando a *Polygonum maritimum*, que puede encontrarse habitualmente en playa, aunque en zonas raramente cubiertas por el mar.

Cuando las semillas de estas especies son sometidas a concentraciones moderadas y altas de sal, inhiben su germinación completamente. Sin embargo, si la concentración salina desciende hasta niveles bajos, las semillas disminuyen su germinación pero no la inhiben. El contacto con la sal podría haber condicionado la capacidad de germinación de las semillas de este grupo de especies, afectando a su nivel de recuperación, ya que en todas las especies de este grupo el porcentaje final de germinación fue significativamente menor al control (exceptuando *Seseli tortuosum* que a baja concentración no difieren significativamente con el control). Se trata pues de especies halófitas con baja tolerancia a la sal, ya que además de no germinar a moderada concentración salina, las semillas a cualquier concentración no logran alcanzar los niveles del control tras su recuperación.

Dentro de ellas la respuesta es variable; la especie con mejor tolerancia a la sal fue *Malcolmia littorea*, con un nivel de germinación medio ante la baja concentración de sal. En lugares donde la salinidad del suelo es baja las semillas de *Malcolmia littorea* podrían germinar exitosamente, aunque con niveles más bajos de lo que podrían hacerlo sin sal en el medio. Sin embargo en lugares donde la salinidad es moderada las semillas no germinarán. Mientras que *Silene uniflora* presenta un nivel muy bajo de germinación a baja salinidad, esta especie ve reducida intensamente su germinación en sal con respecto a su control (muy elevado), siendo la especie más afectada por la sal en el presente estudio; la sal es por tanto en esta especie un factor limitante mayor que para las demás y su germinación estaría condicionada a la reducción de la misma en el medio.

Un segundo tipo (tolerancia intermedia a la sal), donde concentraciones moderadas y altas de sal inhiben la germinación. Tras el paso a agua destilada y posterior germinación las semillas recuperan los niveles del control a baja y moderada concentración no difiriendo con el control. Podríamos relacionarlo en parte con el tipo 2 de Woodell, (1985) y el tipo 2 de Necajeva & Ievinsh, (2008) correspondería al tipo c) de Guja *et al.*, (2010). Con estas características encontramos una sola especie *Helichrysum picardii*, especie presente en duna fija; secundaria y terciaria (Tabla 1.2). Esta especie mantiene su capacidad germinativa casi intacta tras un periodo salino, ya que cuando se restablecen las condiciones idóneas para su germinación recupera niveles similares a su control; como han descrito Woodell (1985) y Martínez *et al.* (1992) en variados hábitats de litoral (*Armeria maritima*, *Carex arenaria* y *Centaureum erythraea* entre otras), Herranz *et al.*, (2004) en saladares ibéricos continentales (*Senecio auricula* y *Lepidium cardamine*), Necajeva & Ievinsh, (2008) en hábitats periódicamente inundados con agua marina (*Juncus balticus*, *Triglochin maritima*, *Triglochin palustre*) y Guja *et al.*, (2010) en dunas de arena con buen drenaje; ambientes costeros expuestos, secos y pedregosos, y hábitats lacustres salinos (*Rhadoglia baccata* y *Ficinia nodosa*).

Un tercer tipo (tolerancia alta a la sal), donde concentraciones moderadas y altas de sal decrecen la germinación. Tras el paso a agua destilada y posterior germinación las semillas no recuperan los niveles del control. Woodell, (1985) no diferencia este tipo de modo que las especies con estas características quedan incluidas en su tipo 1; mientras que Guja *et al.*, 2010 lo consideran como tipo b, en el que incluyen a *Acacia cyclops*, *Acacia rostellifera* y *Hardenbergia comptoniana*. En nuestro caso incluiría a *Cakile maritima*, *Elymus farctus*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana* y *Pancratium maritimum*. Este comportamiento ha sido descrito para otras especies costeras como *Juncus balticus*, *Triglochin maritima*, *Triglochin palustre* y *Linaria loeselii* que no germinan a concentraciones de sal mayores a 400mM y que presentaron significativamente reducidos sus porcentajes de germinación a concentraciones mayores a 100mM de NaCl (Necajeva & Ievinsh, 2008).

Este grupo de especies se encuentra bien distribuido a distintos niveles de proximidad al mar; así *Cakile maritima* pertenece a un grupo de especies que se encuentra preferentemente en playas y primera línea de costa, en íntimo contacto con el mar, posteriormente encontraríamos a *Elymus farctus* en dunas embrionarias, primarias y móviles, mientras que *Medicago marina* y *Pancratium maritimum* se localizan en zonas cercanas a la línea de costa pero de apenas contacto con el mar (Tabla 1.2). En este grupo se observa un disposición diferencial de las distintas especies con respecto al mar en función de su tolerancia a la salinidad, de modo que *Cakile maritima*, única especie que germina a altas concentraciones de sal, es la única que se distribuye en playa, en íntimo contacto con el mar.

Dentro de este tercer tipo de semillas se pueden distinguir dos subtipos, el primero (*Elymus farctus*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana* y *Pancratium maritimum*) con aquellas que muestran ligeros niveles de germinación a moderada concentración significativamente distintos de los mostrados a baja concentración y no germinan a altas concentraciones de salinidad y un segundo subtipo con aquellas especies que germinan a todas las concentraciones salinas como es el caso de *Cakile maritima*.

Esta última especie (*Cakile maritima*) única especie que ha germinado en todas las concentraciones salinas, es por tanto capaz de germinar a altas concentraciones de sal. La

capacidad para germinar en nivel del agua marina (500mM) es característica de pocas especies euhalófitas (Baskin & Baskin, 1998). Las semillas de plantas que crecen expuestas continuamente al agua del mar se caracterizan por su gran tolerancia a la sal con respecto a otras que crecen en hábitats menos expuestos al agua del mar como por ejemplo las plantas dunares. El grado de exposición natural de la semilla a la sal puede ser vinculado a la tolerancia de esa semilla a la sal (como *Cakile maritima* en nuestro estudio), así las plantas costeras dunares podrían ser menos tolerantes a la sal que las especies que crecen en medios periódicamente inundados por agua marina (Necajeva & Ievinsh, 2008).

En nuestro estudio, *Cakile maritima* presenta un nivel de tolerancia mayor que el encontrado por Debez *et al.* (2004) en el mediterráneo septentrional y por Guja *et al.* (2010) en esta y otras plantas del litoral australiano (*Conostylis candicans*, *Myoporum insulare*, *Scaevola crassifolia* y *Spyridium globulosum*), mientras que *Elymus farctus* lo hace de forma similar a la encontrada por Woodell (1985) en la costa atlántica británica, las dos únicas especies que podemos comparar. En este sentido es necesario tener en cuenta que las condiciones de temperatura y luz de nuestros ensayos fueron las de primavera del propio medio natural (Figura 1.2), como se demanda para validar la respuesta germinativa en laboratorio (Herranz *et al.*, 2004), mientras que los otros fueron experimentos estables de laboratorio (15°C con duración similar de fotoperiodo y 20°C respectivamente). Varios estudios han puesto de manifiesto la variación de la respuesta germinativa en función de la temperatura (termoperiodo) y la salinidad en halófitos, lo que puede estar relacionado con su distribución (Khan & Ungar, 1996, Khan & Gul, 2006) siendo bastante frecuente que los incrementos en la temperatura en una determinada dosis de salinidad incremente el nivel de germinación, (Khan & Ungar 1997b, 1999; Khan *et al.*, 2000, 2001ab; Khan & Gulzar, 2003), aunque también se han encontrado los mayores niveles con temperaturas intermedias (Herranz *et al.*, 2004; Giménez-Luque *et al.*, 2013), particularmente en halófitos de regiones templadas (Khan & Gul, 2006), lo que permite concluir a dichos autores que cada planta halófito presenta su temperatura óptima específica para maximizar su germinación en cada nivel de salinidad. Por lo tanto, se hacen necesarios estudios en esta línea sobre las plantas de litoral como las incluidas en éste, si bien es de destacar que en nuestro caso tanto las condiciones de temperatura como las de luz han sido las del propio medio natural, en un año representativo de las condiciones atlánticas habituales del área de estudio (Martínez-Cortizas & Pérez-Alberti, 1999) y que este es el primer estudio de este tipo realizado en esta zona geográfica.

Además, en el primer subtipo cabe destacar que *Oenothera glazioviana* es una especie invasora ampliamente distribuida, que se puede encontrar en lugares alterados, zonas arenosas, jardines, bordes carreteras y más frecuentemente en regiones litorales (Tabla 1.2). Estamos pues, ante una especie generalista, con una gran capacidad de adaptación a la sal que sin duda le ha reportado parte de su éxito a la hora de establecerse en distintos lugares y en especial en dunas y zonas costeras donde es una invasora habitual. Otras especies invasoras han demostrado esta capacidad de adaptación al medio salino; así lo describe Nandula *et al.*, (2006) para *Conyza canadiensis* que presenta una germinación de más del 20% a concentraciones menores de 40mM de NaCl y menos del 4% a concentraciones de 160mM, aunque los resultados obtenidos de tolerancia a la sal para *Oenothera glazioviana* superan con mucho los registrados para *Conyza canadiensis*, por lo que consideramos que se trata de una especie con un potencial de propagación en ambientes costeros muy elevado.

En relación con los tipos de especies halófitas, ninguna de las que hemos estudiado se corresponde con el tipo 3 de Boorman (1966) y Woodell, (1985), o tipo c de Guja *et al.*, (2010), que se caracteriza por el mantenimiento de la capacidad para germinar a salinidades elevadas y porque su nivel de germinación se incrementa después de un pretratamiento con soluciones hipersalinas; que está bien representado en zonas salinas sometidas a largos períodos de inundación (marismas) (Woodell, 1985).

3.4.5. Conclusiones

1. En todas las especies de litoral estudiadas, en las condiciones de su medio natural, la germinación más elevada se corresponde con el control, ausencia de salinidad, ya que tanto el nivel como el ritmo de germinación disminuyen con la misma. Las semillas presentan diferentes límites específicos de tolerancia a la salinidad, y en todas ellas, el nivel de germinación sigue una tendencia descendente con su incremento.
2. Las semillas de las especies estudiadas que no germinan en condiciones de salinidad, recuperan en mayor o menor medida la germinación cuando se alivia dicha condición, lo que indica que su inhibición con la salinidad es reversible. En cuatro de ellas, (*Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*) los niveles de recuperación no difieren entre las concentraciones de salinidad, o incluso son más bajos cuando la concentración es alta; mientras que en la mayoría el nivel de recuperación presenta una tendencia clara de aumento con dicha concentración, lo que se observa claramente en *Oenothera glazioviana*, *Pancreatium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Polygonum maritimum* y además en *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea* y *Medicago marina*, al menos en relación con el nivel más bajo de salinidad, puesto que las mayores tasas se obtienen tanto con las concentraciones medias como con las elevadas. Además, del nivel de germinación, también recuperan su ritmo, que se acelera en seis de ellas (*Cakile uniflora*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Pancreatium maritimum*, *Polygonum maritimum* y *Seseli tortuosum*), al disminuir su tiempo medio de germinación.
3. En cuanto a los tipos de respuesta a la salinidad, la mitad de las especies estudiadas (*Artemisia crithmifolia*, *Malcolmia littorea*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*) se corresponden con el tipo de baja tolerancia a la salinidad, ya que concentraciones moderadas y altas de sal inhiben la germinación, y tras el alivio de la misma no recuperan los niveles previos, siendo menor su nivel final de recuperación cuando estuvieron sometidas a concentraciones mayores de sal. Solamente una especie (*Helichrysum picardii*) se corresponde con el tipo de tolerancia intermedia, en el que concentraciones moderadas y altas de sal inhiben la germinación y tras el alivio de la misma las semillas recuperan los niveles del control a baja y moderada concentración. Y casi la otra mitad (*Cakile maritima*, *Elymus farctus*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana* y *Pancreatium maritimum*) se corresponden con el tipo de tolerancia elevada a la salinidad, ya que concentraciones moderadas y altas de sal decrecen la germinación y no recuperan los niveles del control; entre ellas solamente la primera germina en todas las concentraciones de sal estudiadas.

3.5. BIBLIOGRAFÍA

- AHMED, M. Z.; KHAN, M. A. (2010). Tolerance and recovery responses of playa halophytes to light, salinity and temperature stresses during seed germination. *Flora*, 205(11): 764-771.
- BARBOUR, M. G. (1970). Germination and early growth of the strand plant *Cakile maritima*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 97(1):13-22.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1998). *Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. San Diego.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, New York.
- BOOJH, R.; RAMAKRISHNAN, P. S. (1982). Growth strategy of trees related to successional status.I. Architecture and extension growth. *Forest Ecology and Management*, 4(4): 359-374.
- BOORMAN, L. A. (1966). Experimental studies in the Genus *Limonium*. DPhil thesis, University of Oxford.
- DEBEZ, A.; HAMED, K. B; GRIGNON, C.; ABDELLY, C. (2004). Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant and Soil*, 262: 179-189.
- DÍAZ-VIZCAINO, E. A.; CORNIDE, T.; IGLESIA, A. (2010). Short-term storage and germinative response to fire (temperature and smoke) in Ericaceae species characteristic of heathlands in NW of the Iberian peninsula. In: VIEGAS, D. X. (Ed.) cd Proceedings of the VI International Conference on Forest Fire Research. Coimbra (Portugal).12pp.
- DIRECTIVA 92/43/CEE del Consejo de Europa de 21 de mayo de 1992. Relativa a la conservación de los hábitat naturales y de la flora y fauna silvestres. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 206, 22 de Julio de 1992. pp. 7-50.
- ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. (1980). Towards a rational basis for testing seed quality. In: HEBBLETHWAITE, P. D. (Ed.). *Seed Production*. Butterworths, London. pp.605-635.
- ELSEY-QUIRK, T.; MIDDLETON, B. A.; PROFFIT, C. E. (2009). Seed flotation and germination of salt marsh plants. The effects of stratification, salinity and/or inundation regime. *Aquatic Botany*, 91: 40-46.
- FAGÚNDEZ, J.; BARRADA, M. (2007). *Plantas invasoras de Galicia. Biología, distribución y métodos de control*. Dirección Xeral de Conservación da Natureza. Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.

- GARDNER, E. & BURNINGHAM, H. (2013). Ecology and conservation of the rare annual *Petrorhagia nanteuillii* (Childing Pink) on the vegetated shingle spits of Pagham Harbour, West Sussex. *Journal of Coastal Conservation*, 17(3): 589-600.
- GIMÉNEZ-LUQUE, E.; DELGADO-FERNÁNDEZ, I. C.; GÓMEZ-MERCADO, F. (2013). Effect of salinity and temperature on seed germination in *Limonium cossonianum*. *Botany*, 91: 12–16
- GUL, B.; WEBER, D. J. (1999). Effect of salinity, light, and temperature on germination in *Allenrolfea occidentalis*. *Canadian Journal of Botany*, 77(2):240–246.
- GUJA, L. K.; MERRITT, D. J.; DIXON, K. W. (2010). Buoyancy, salt tolerance and germination of coastal seeds: implications for oceanic hydrochorous dispersal. *Functional Plant Biology*, 37(12): 1175–1186.
- HENDRIX, S. D. (1984). Variation in seed weight and its effects on germination in *Pastinaca sativa* L. (Umbelliferae). *American Journal of Botany*, 71(6): 795-802.
- HERRANZ, J. M.; FERRANDIS, P.; COPETE, M. A.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. J. (2004). Germinación de tres halófitos amenazados en Castilla-La Mancha en condiciones de estrés salino. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 13(2): 357-367
- HOULE, G. (1996). Environmental filters and seedling recruitment on a coastal dune in subarctic Québec (Canada). *Canadian Journal of Botany*, 74(9): 1507-1513.
- HOULE, G.; MOREL, L.; REYNOLDS, C. E.; SIEGEL, J. (2001). The effect of salinity on different developmental stages of an endemic annual plant, *Aster laurentuanus* (Asteraceae). *American Journal of Botany*, 88(1): 62-67.
- HUANG, Z.; ZHANG, X.; ZHENG, G.; GUTTERMAN, Y. (2003). Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. *Journal of Arid Environments*, 55(3): 453-464.
- IGNACIUK, R.; LEE, J. A. (1980). The germination of four annual strand-line species. *New Phytologist*, 84(4): 581–591.
- KATEMBE, W. J.; UNGAR, I. A.; MITCHELL, J. P. (1998). Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* species (Chenopodiaceae). *Annals of Botany*, 82(2): 167-175.
- KEIFFER, C. H.; UNGAR, I. A. (1997). The effect of extended exposure to hypersaline conditions on the germination of five inland halophyte species. *American Journal of Botany*, 84(1): 104-111.
- KEREN, A.; EVENARI, M. (1974). Some ecological aspects of distribution and germination of *Pancreatium maritimum* L. *Israel Journal of Botany*, 23: 202–215.

- KHAN, M. A.; UNGAR, I. A. (1984). The effect of salinity and temperature on germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangularis* Wild. *American Journal of Botany*, 71(4): 481–489.
- KHAN, M. A.; UNGAR, I. A. (1996). Influence of salinity and temperature on the germination of *Haloxylon recurvum* Bunge ex. Boiss. *Annals of Botany*, 78(5): 547–551.
- KHAN, M. A.; UNGAR, I. A. (1997a). Effects of thermoperiod on recovery of seed germination of halophytes from saline conditions. *American Journal of Botany*, 84(2): 279-283.
- KHAN, M. A.; UNGAR, I. A. (1997b). Effects of light, salinity, and thermoperiod on the seed germination of halophytes. *Canadian Journal of Botany*, 75(5): 835-841.
- KHAN, M. A.; UNGAR, I. A.; SHOWALTER, A. M. (1999). Effects of salinity on growth, ion content, and osmotic relations in *Halopyrum mucronatum* (L.) Stapf. *Journal of Plant Nutrition*, 22(1):191-204.
- KHAN, M. A.; GUL. B.; WEBER, D. L. (2000). Germination response of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. *Journal of Arid Enviroments*, 45(3): 207-214.
- KHAN, M. A.; GUL. B.; WEBER, D. J. (2001a). Germination of dimorphic seeds of *Suaeda moquinii* under high salinity stress. *Australian Journal Botany*, 49(2): 185–192.
- KHAN, M. A.; GUL. B.; WEBER, D. J. (2001b). Effect of salinity and temperature on the germination of *Kochia scoparia*. *Wetlands Ecology and Management*, 9(6): 483–489.
- KHAN, M. A.; GUL. B. (2006). Halophyte Seed Germination. In: KHAN, M. A.; WEBER, D. J. (Eds.), *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*. Springer, Netherlands. pp. 11-30.
- KHAN, M. A.; GULZAR, S. (2003). Germination responses of *Sporobolus iocados*; a potential forage grass. *Journal of Arid Environments*, 53(3): 387-394.
- LEVITT, J. (1980). *Response of Plants to Environmental Stresses* (second edition) volume II. *Water, Radiation, Salt and other Stresses*. Academic Press, New York
- MARCHIONI-ORTU, A.; BOCCHIERI, E. (1984). A study of germination responses of Sardinian population of sea fennel (*Crithmum maritimum*). *Canadian Journal of Botany*, 62(9): 1832-1835.
- MARIKO, S.; KACHI, N.; ISHIKAWA, S.; FURUKAWA, A. (1992). Germination Ecology of Coastal Plants in Relation to Salt Environment, *Ecological Research*, 7(3): 225–233.
- MARTÍNEZ-CORTIZAS, A.; PÉREZ-ALBERTI, A. (1999). *Atlas climático de Galicia*. Xunta de Galicia Servicio Central. Santiago de Compostela.
- MARTÍNEZ, M. L.; VALVERDE, T.; MORENO-CASASOLA, P. (1992). Germination response to temperature, salinity, light and depth of sowing of ten tropical dune species. *Oecologia*, 92(3): 343–353.

- MASON, R. L.; GUNST, R. F.; HESS, J. L. (1989). *Statistical Design and Analysis of Experiments*. Wiley & Sons. New York.
- Meteogalicia. Axencia Galega de Meteoroloxía. www.meteogalicia.es. (2013). Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas. Xunta de Galicia.
- NANDULA, V. K.; EUBANK, T. W.; POSTON, D. H; KOGER, C. H; REDDY, K. N. (2006) Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Science*, 54(5): 898–902.
- NECAJEVA, J.; IEVINSH, G. (2008). Seed germination of six coastal plant species of the Baltic region: effect of salinity and dormancy-breaking treatments. *Seed Science Research*, 18(3): 173–177.
- NOE, G. B.; ZEDLER, J. B. (2000). Differential effects of four abiotic factors on the germination of salt marsh annuals. *American Journal of Botany*, 87(11): 1679-1692.I
- PARDO, A.; RUÍZ, M. A. (2001). SPSS 10.0. *Guía para el análisis de datos*. Universidad Autónoma de Madrid.
- PEÑA, D. (2002). *Regresión y diseño de experimentos*. Alianza Editorial. Madrid.
- PUJOL, J. A.; CALVO, J. F.; RAMÍREZ-DÍAZ, L. (2000). Recovery of germination from different osmotic conditions by four halophytes from southeastern Spain. *Annals of Botany*, 85(2): 279-286.
- QU, X.; HUANG, Z.; BASKIN, J.; BASKIN, C. (2008). Effect of temperature, light and salinity on seed germination and radicle growth of the geographically widespread halophyte shrub *Halocnemum strobilaceum*. *Annals of Botany*, 101(2): 293–299.
- ROBLES, A. B.; CARDOSO, J. A.; RAMOS, M. E. (2010). Influencia de la salinidad en la germinación del género *Atriplex*. In: GONZÁLEZ-REBOLLAR, J. L.; CHUECA, A. (Eds.). *CA4 y CAM. Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas*. CSIC/Fundación Areces. Madrid. pp. 157-164.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. (1979). *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Editorial Blume. Madrid.
- TALLEY, L; PICKARD, G.; EMERY, W.; SWIFT, J. (2011). *Descriptive Physical Oceanography*. Elsevier. San Diego.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; SKAROU, F. (1989). *Glaucium flavum* seed germination: An ecophysiological approach. *Annals of Botany*, 63(1): 121-130.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; DOUMA, D. J.; MARANGAKI, C. (1991). Photo inhibition of seed germination in Mediterranean maritime plants. *Annals of Botany*, 68(5): 469-475.

- THOMSON, A.; EL-KASSABY, Y. A. (1993). Interpretation of seeds germination parameters. *New Forest*, 7(2):123-132.
- TOBE, K.; LI, K.; OMASA, K. (2000). Effects of sodium chloride on seed germination and growth of two Chinese desert shrubs, *Haloxylon ammodendron* and *H. persicum* (Chenopodiaceae). *Australian Journal of Botany*, 48(4): 445-460.
- TOBE, K.; ZHANG, L.; YU QIU, G.; SHIMIZU, H.; OMASA, K. (2001). Characteristics of seeds germination in five non-halophytic Chinese desert shrub species. *Journal of Arid Environments*, 47(2): 191-201.
- TOMPSETT, P. B.; PRITCHARD, H. W. (1998). The effect of chilling and moisture status on the germination, desiccation tolerance and longevity of *Aeusculus hippocastanum* L. seed. *Annals of Botany*, 82: 249-261.
- UNGAR, I. A. (1978). Halophyte seed germination. *Botanical Review*, 44(2): 233-264.
- UNGAR, I. A. (1982). Germination ecology of halophytes. In: SEN, D. N; RAJPUROHIT, K. S. Hague (Eds.). *Contribution to the ecology of halophytes*. Junk Publishers. pp. 143-154.
- UNGAR, I. A. (1991). *Ecophysiology of Vascular Halophytes*. CRV Press, Boca Raton, Florida.
- UNGAR, I. A. (1995). Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds.) *Seed Development and Germination*, MARCEL & DEKKER Inc. New York. pp. 599-628.
- UNGAR, I. A. (1996). Effect of salinity on seed germination, growth, and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). *American Journal of Botany*, 83 (5): 604-607.
- VIGNA, M. R.; FERNÁNDEZ, O. A.; BREVEDAN, R. E. (1983). Germinación de *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Studia Oecologica*, II/2: 167-182.
- VORONKOVA, N. M.; KHOLINA, A. B. (2010). Species Specificity of Response to Fluctuations of Sea Water Salinity in Seeds of Coastal Plants. *Russian Journal of Ecology*. 41(3): 201–205.
- WASEL, Y. (1972). *Biology of Halophytes*. Academic Press, New York.
- WOODELL, S.R. J. (1985). Salinity and seed germination patterns in coastal plants. *Vegetatio*, 61(1-3): 223-229.



CAPÍTULO IV:

Flora de litoral. Emergencia de plántulas en su propio medio.



4. 1. INTRODUCCIÓN

Los arenales costeros son hábitats (ecosistemas) muy variables por su sustrato movedizo, que facilita el enterramiento en arena, con zonas libres de vegetación y muy poca o nula materia orgánica, condiciones que dificultan el desarrollo de plántulas tras la germinación y a las que hay que añadir el viento y la acción de las olas; todas ellas contribuyen a la dureza e incertidumbre de la germinación, emergencia y establecimiento de plantas (Maun, 1994, 2009).

En hábitats como los arenales costeros el enterramiento en arena ocurre de forma recurrente, predecible, lo que supone una presión selectiva ante la que las plantas pueden desarrollar adaptaciones morfológicas y/o fisiológicas (Maun, 1998).

El desarrollo desde semilla a plántula es la etapa de mayor riesgo en el ciclo de la mayoría de las plantas (Harper, 1977; Leck *et al.*, 2008), en la que factores como la temperatura, humedad del suelo y enterramiento en arena son importantes (Gutterman, 1993). Las semillas poseen una elevada resistencia al estrés ambiental, mientras que las plántulas son mucho más susceptibles a los factores ambientales. De este modo, el éxito en su establecimiento va a depender tanto de las estrategias de germinación de la semilla como del temprano desarrollo de las plántulas (Qu *et al.*, 2008).

En arenales costeros las semillas recién producidas son enterradas a profundidad variable, pudiendo germinar y emerger posteriormente como plántulas, o bien germinar pero no emerger, o no germinar y ser destruidas, o no germinar y acumularse en un banco de semillas viables (Maun, 1998); posibilidades que han sido puestas en evidencia en plantas de arenales costeros y que reflejan las diferencias que pueden presentar en su tolerancia al enterramiento en arena.

Con frecuencia las semillas son capaces de germinar y emerger, si bien esta habilidad resulta variable entre especies y disminuye con la profundidad del enterramiento (Maun & Lapierre, 1986; Chen & Maun, 1999; Ren *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2002; Nandula *et al.*, 2006; Qu *et al.*, 2008), lo que puede dar como resultado que las semillas adaptadas a estas condiciones presenten una mayor longevidad en el banco o cambios en su dormición.

En relación con la variabilidad entre especies, se ha encontrado que la habilidad de las plántulas para emerger desde diferentes niveles de profundidad está correlacionada positivamente con su peso, de modo que las semillas más grandes y pesadas presentan más reservas energéticas y por lo tanto plántulas más vigorosas que las de las semillas más pequeñas (Chen & Maun, 1999; Martínez *et al.*, 2002). Además, las diferencias en la tolerancia al enterramiento durante la germinación pueden contribuir a la distribución de las plantas de dunas, de modo que especies más tolerantes se encontrarían en hábitats en los que el enterramiento es más probable que ocurra y las menos tolerantes en aquellos con menos movimiento de arena, (Martínez *et al.*, 2001, 2002), aspecto que confirma la importancia del enterramiento en arena en la zonación de la vegetación en dunas costeras, más aún que el spray salino (Maun & Perumal, 1999).

Por otra parte, los arenales y dunas costeras se encuentran entre los ecosistemas más afectados por la intervención humana y su preservación y restauración se hace urgente (Lithgow *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2013), siendo en este último caso las técnicas de revegetación muy utilizadas. Cuando la zona degradada no está demasiado lejos de un área natural, la recolonización podría ser posible (Pärtel *et al.*, 1998; García Mora, 2000), pero en zonas aisladas la colonización natural no es suficiente y es necesaria la introducción de semillas para su restauración, como proponen Bossuyt & Hermy, (2003) en pastizales.

En relación con este asunto, varios autores se han mostrado escépticos en cuanto a la restauración basada en la germinación a partir del banco de semillas, debido sobre todo a su baja riqueza específica, señalando además que no siempre la composición de la comunidad vegetal se corresponde con su abundancia en el banco de semillas (Bossuyt & Honnay, 2008; Plassmann *et al.*, 2009); por lo que los cambios en la abundancia de la vegetación no guardan relación con la abundancia específica del banco de semillas, siendo baja la proporción de especies presentes en el banco que finalmente se establecen en la comunidad (Bakker *et al.*, 2005).

Por todo ello, además de la revegetación con plantas “estructurales” frecuentemente utilizada, se hace necesario contemplar la siembra directa de especies “complementarias”, menos utilizada, para aumentar la biodiversidad de estos sistemas, desde la perspectiva de la teoría ecológica de la sucesión natural (García Mora *et al.*, 2000; Gann & Lamb, 2006; Ley Vega *et al.*, 2007). En este sentido, conocer las características germinativas y particularmente la tolerancia al enterramiento de las especies características de estos ecosistemas, puede contribuir a caracterizar cuáles de ellas son más adecuadas para siembra directa.

En base a lo anteriormente expuesto, se ha planteado la hipótesis de que las semillas de las plantas más características de arenales costeros presentan tolerancia al enterramiento ocasionado por el movimiento de arena, tratando de determinar su nivel y ritmo de germinación a diferentes niveles de profundidad en su propio medio natural, de lo que se deriva su idoneidad para revegetación.

4. 2. MATERIAL Y MÉTODOS

4.2.1. Selección, recogida y procesamiento de semillas

Se seleccionaron veintisiete especies herbáceas y arbustivas características de distintos hábitat litorales como roquedos costeros, arenales, playas, dunas y acantilados, la mayoría de ellas características de las comunidades descritas en Galicia (*Arctotheca calendua*, *Armeria pubigera*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Cistus salviifolius*, *Corema album*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Elymus farctus*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Helichrysum picardii*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Malcolmia littorea*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Otanthus maritimus*, *Pancratium maritimum*, *Panicum repens*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum*, *Scolymus hispanicus*, *Scrophularia frutescens*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*), las características de estas especies vienen recogidas en la Tabla 1.2. La recolección se hizo siguiendo las pautas de recogida y procesamiento mencionadas en capítulos anteriores y en las mismas zonas de recogida utilizadas para anteriores tratamientos.

Una vez extraídas las semillas/frutos se almacenaron en seco, en oscuridad envueltas en papel a temperatura ambiente entre dos y tres meses hasta el inicio del tratamiento. Como ocurrió en tratamientos anteriores las semillas fueron extraídas de su fruto en la mayoría de los casos, con la excepción de las especies de las familias Compositae y Apiaceae, en el resto de casos la semilla se sembró directamente.

4.2.2. Realización de tratamientos

El tratamiento se realizó a lo largo de un año, desde mediados de noviembre de 2009 a mediados de noviembre de 2010, en las condiciones ambientales naturales, en una parcela de 12 m², de sustrato arenoso, situada a 330m de distancia del mar en la localidad de Aguiño (A Coruña) (latitud 42° 31'43'' N, longitud 9° 0'24'' W).

El estudio constó de dos ensayos; siembra en superficie y en profundidad, ya que las semillas fueron colocadas en dos niveles de profundidad: uno casi en superficie, (enterradas a 0,1 cm de profundidad, cubiertas tan solo por una fina capa de 3,6 cm³ de arena en cada alveolo) y otro a 3 cm de profundidad en el suelo; de modo que todas las semillas estuvieran más o menos cubiertas de arena, como puede ocurrir naturalmente a las semillas recién formadas. Se prepararon ocho lotes de 25 semillas de cada especie; cuatro réplicas para superficie y otras cuatro para profundidad. Las semillas fueron sembradas en paneles de 40 alvéolos de plástico; cada alveolo de 6x6 cm cada uno. En cada panel se dispusieron las semillas de cuatro especies, con las cuatro réplicas en superficie y cuatro en profundidad para cada una. En el caso de *Pancratium maritimum* que posee semillas más grandes se usaron macetas de 12cm de diámetro.



Figura 4.1. Bandeja de alvéolos con semillas en superficie y en profundidad de cuatro de las especies estudiadas.

Los alvéolos fueron llenados con el sustrato arenoso, recogido a 3 cm de profundidad; característico del hábitat más abundante en litoral, en el que se desarrollan la mayoría de las especies estudiadas (duna fija) previamente tamizado (tamiz de 0,7cm) y seco, distribuido en cantidades similares en los alvéolos; tal como se ha realizado en estudios similares (Chauhan & Johnson, 2009).

Antes de la siembra de las semillas se desinfectaron sumergiéndolas en una solución de hipoclorito sódico al 4% y fungicida (Captan) al 1,5% durante un minuto. Posteriormente se lavaron con agua destilada y les aplicó un único riego con agua destilada y fungicida al 1,5%.

Las bandejas fueron colocadas en el exterior, semienterradas en el sustrato arenoso de la parcela de estudio, tal como se muestra en la Figura 4.1.

Las bandejas de alvéolos estuvieron en condiciones naturales y por tanto sometidas a la precipitación y temperatura de su ambiente natural (Figuras 4.2 y 4.3).

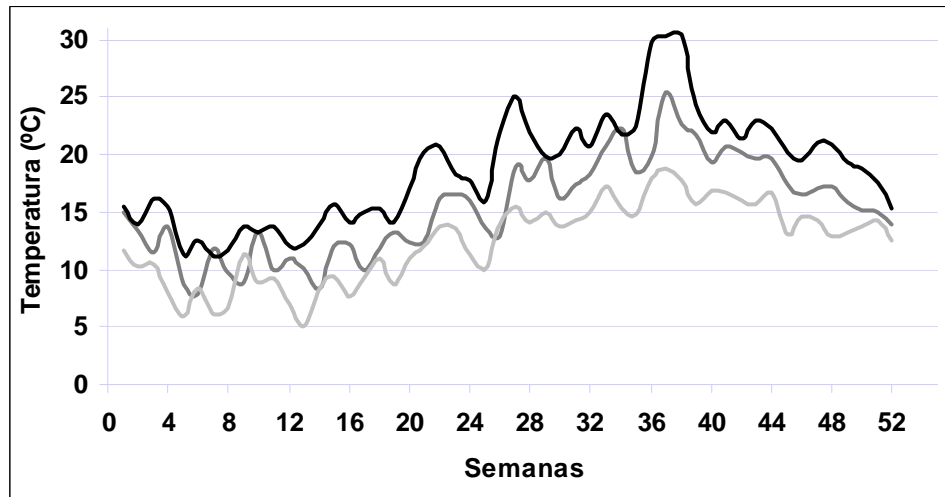


Figura 4.2. Temperatura mínima (—), media (—) y máxima (—) registrada en la estación meteorológica del Parque Natural de Corrubedo (A Coruña. España) durante la realización de los ensayos de emergencia de plántulas en campo (desde el 20 de noviembre de 2009 al 20 de noviembre de 2010) (Fuente: Meteogalicia.es).

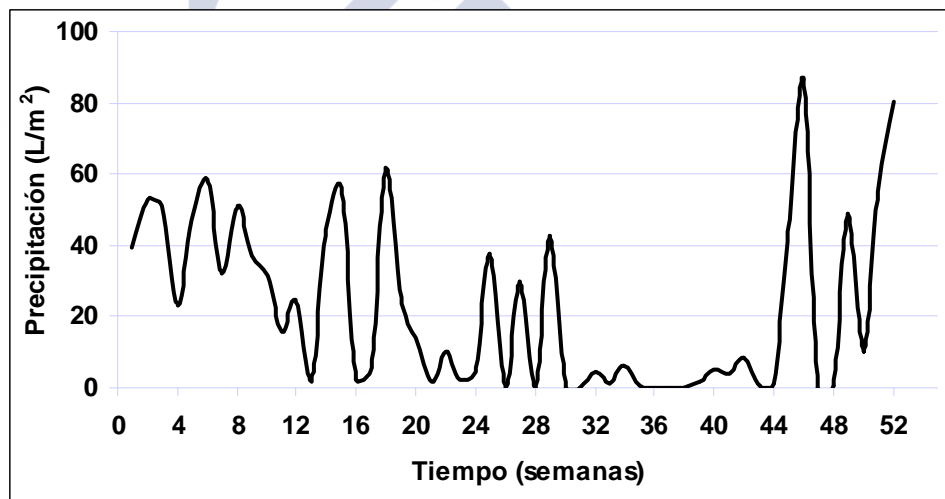


Figura 4.3. Precipitación (L/m²) registrada desde el 20 de noviembre de 2009 hasta 20 de noviembre de 2010 en la zona de estudio. (Fuente: Meteogalicia.es).

Se tomaron datos sobre la emergencia de plántulas de cada especie cada dos semanas, siendo el criterio para anotar la emergencia de la plántula el que aparezca la primera hoja normal desarrollada, para asegurar su correcta identificación, excepto en el caso de las gramíneas *Elymus farctus* y *Panicum repens* donde la sola aparición del cotiledón fue contada como emergencia. Cada plántula identificada y contabilizada, fue retirada del alveolo. A lo largo de este estudio se han producido emergencias de otras especies distintas a las estudiadas, que fueron retiradas.



Figura 4.4. Plántulas de algunas de las especies estudiadas (a) *Euphorbia paralias*; b) *Elymus farctus*; c) *Eryngium maritimum*, d) *Cistus salviifolius*; e) *Seseli tortuosum*; f) *Silene uniflora*).

4.2.3. Análisis estadístico

Los datos se analizaron a través del porcentaje diario y final de germinación y se representaron gráficamente en función de la emergencia acumulada obtenida con el tiempo, obteniendo así las curvas de dinámica de la emergencia correspondientes, lo que facilita la observación de las diferencias entre tratamientos y especies (Thomsom & El-Kassaby, 1993).

También se calculó el tiempo medio de emergencia adaptando la fórmula del tiempo medio de emergencia (Mean germination time, MGT) (t_m) para cada especie y tratamiento, según Ellis & Roberts (1980) y Tompsett & Pritchard (1998), relacionado con el ritmo de emergencia.

$$\text{MGT} = \Sigma(Dn) / \Sigma n$$

Siendo:

n : número de plántulas que emergen en el día D

D : es el número de días contados desde el comienzo del tratamiento.

Para facilitar el análisis de los resultados obtenidos hemos establecido una escala de valor según el nivel de emergencia: nulo=0%, muy bajo ($\leq 10\%$), bajo (11-40%), medio (41-59%), elevado (60-89%) y muy elevado ($\geq 90\%$).

Del mismo modo hemos establecido una escala indicativa del ritmo de emergencia a partir de los tiempos medios de emergencia obtenidos, basándonos en la equivalencia con la escala establecida para el tiempo medio de germinación: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30 días), L; lento (31-60 días), ML; muy lento (> 60 días).

También se calculó un índice de tolerancia (IT) según Martínez & Maun (1999) y Martínez *et al.*, (2002). Para comparar la respuesta al enterramiento entre especies mediante el

estudio de las diferencias específicas en el tamaño y la profundidad de enterramiento desde la cual las plántulas son capaces de emerger.

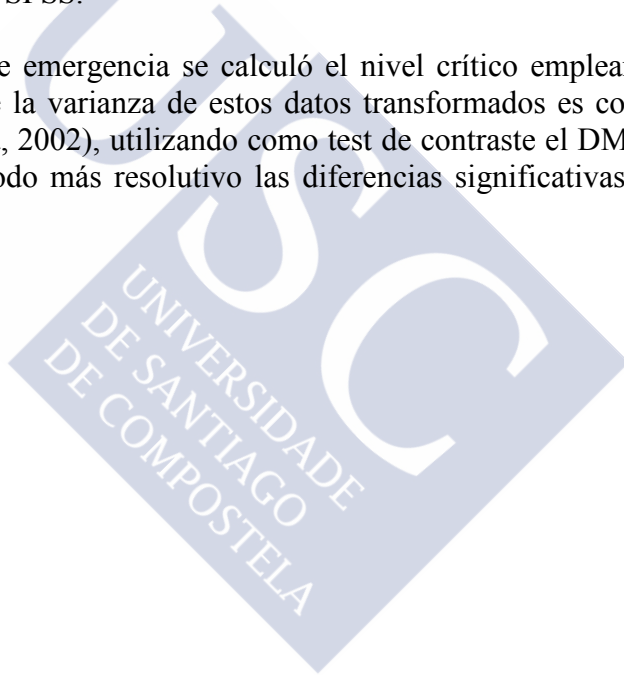
$$IT = (D/\log M)E$$

Siendo:

- D*: la profundidad a la cual las semillas fueron enterradas
- M*: masa media de la semilla por especie
- E*: porcentaje de emergencia final a la citada profundidad

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el análisis de la varianza Anova, o la prueba t de Student, según resultase procedente, para comprobar las diferencias significativas entre los valores medios obtenidos en la emergencia final de los diferentes tratamientos estudiados, así como en los tiempos medios de emergencia, previa transformación arcoseno \sqrt{p} en el primer caso y logarítmica en el segundo; utilizando como test *a posteriori* el test, DMS o Games-Howel, según resultase procedente, para identificar las diferencias entre tratamientos (Sokal & Rohlf, 1979; Pardo & Ruíz, 2001); empleando para ello el paquete estadístico SPSS.

Con los valores de emergencia se calculó el nivel crítico empleando la distribución Chi-cuadrado, puesto que la varianza de estos datos transformados es constante y conocida (Mason *et al.*, 1989; Peña, 2002), utilizando como test de contraste el DMS adaptado; lo que permite evidenciar de modo más resolutivo las diferencias significativas (Díaz-Vizcaíno *et al.*, 2010).



4.3. RESULTADOS

4.3.1. Dinámica de emergencia

Para determinar la relación entre la emergencia de plántulas en superficie y en profundidad, en la Figura 4.5 se presenta la dinámica de dicha emergencia de plántulas de las especies estudiadas. En el anexo estadístico (Tablas 4.1 y 4.2) se presentan los resultados correspondientes a los tratamientos de datos realizados (nivel de emergencia y ritmo de emergencia).

Ninguna de las especies estudiadas alcanzó niveles muy altos de emergencia de plántulas; en la mayoría de las especies se obtuvieron niveles de emergencia inferiores al 40%. En base a los resultados obtenidos, se puede establecer una clasificación de las especies estudiadas en función de su mayor o menor nivel de emergencia:

Especies con un nivel alto de emergencia: se obtuvieron niveles altos de emergencia de plántulas, bien en superficie o bien en profundidad, en las siguientes especies: *Iberis procumbens*, *Malcolmia littorea* y *Seseli tortuosum*.

Iberis procumbens mostró su nivel más alto de emergencia (64%) tras la siembra en superficie, resultado significativamente mayor que en profundidad, donde presentó un nivel bajo (29%). Aunque el ritmo de emergencia en el tratamiento de superficie fue muy rápido y en profundidad rápido, el t_m en ambos casos fue alrededor de un mes, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos. Por lo tanto, cuando las semillas de esta especie se han sembradas en superficie se obtuvieron los valores más altos, tanto del nivel como del ritmo de emergencia.

Malcolmia littorea alcanzó su máximo nivel de emergencia (62%) tras su siembra en superficie, siendo significativamente superior al obtenido en profundidad, donde sólo se obtuvo un nivel bajo. El ritmo de emergencia se mantuvo muy rápido tanto en superficie como en profundidad, con un t_m de alrededor de tres semanas. Por tanto, cuando las semillas de esta especie son sembradas en superficie se obtuvo su mayor nivel de emergencia, sin embargo, la profundidad a la que se sembraron no afectó al ritmo de emergencia.

Seseli tortuosum presentó una emergencia máxima del 66 % en el tratamiento de profundidad, el mayor nivel presentado de entre todas las especies objeto de estudio. En superficie el nivel de emergencia alcanzó un nivel medio (42%) existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos. El ritmo de emergencia en los dos tratamientos fue lento. Ambos presentaron un t_m algo superior a dos meses, no existiendo diferencias significativas entre sí. De este modo, la profundidad de siembra de la semilla no afectó al ritmo pero sí al nivel de emergencia.

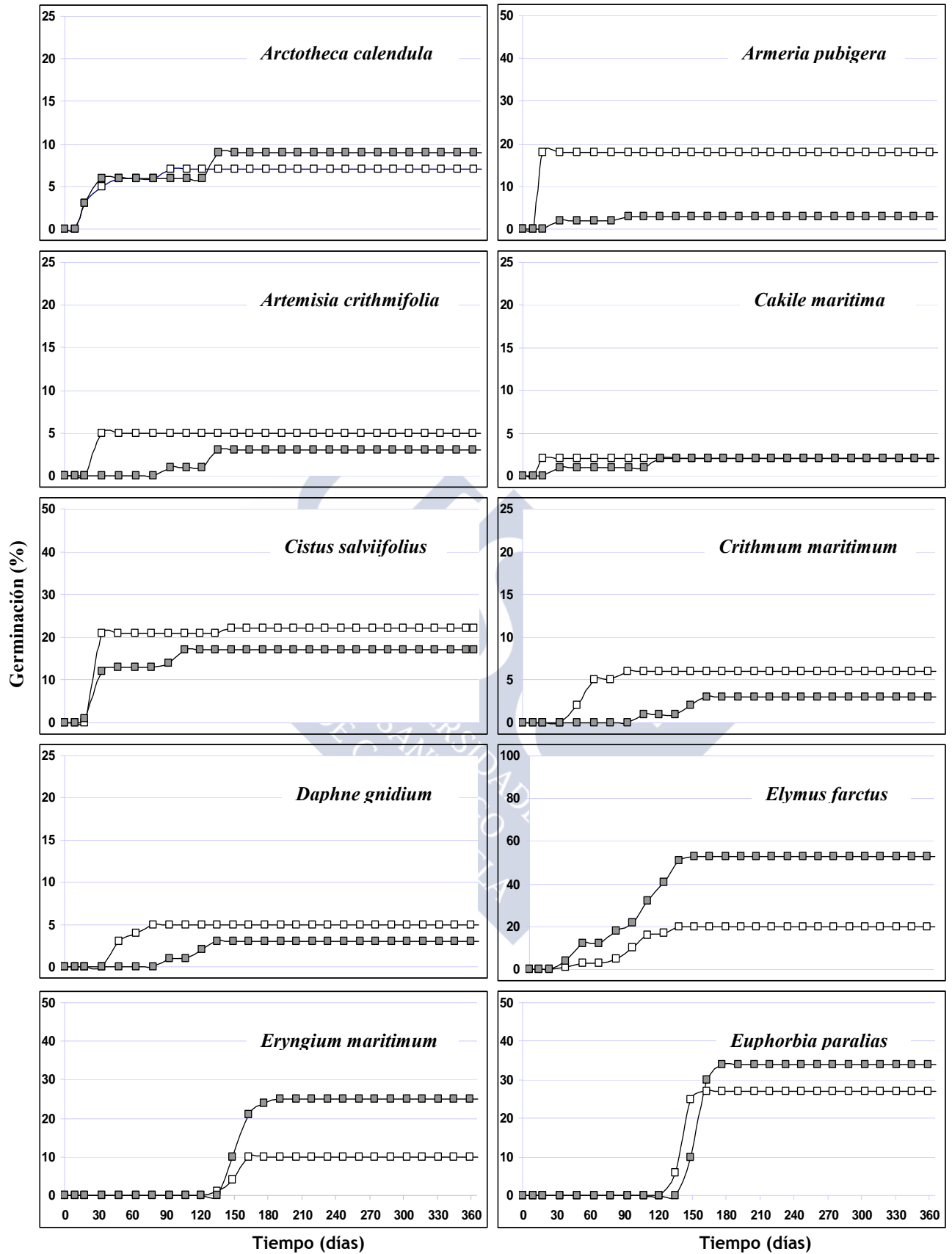


Figura 4.5. Dinámica de la emergencia de plántulas (véase pie completo al final)

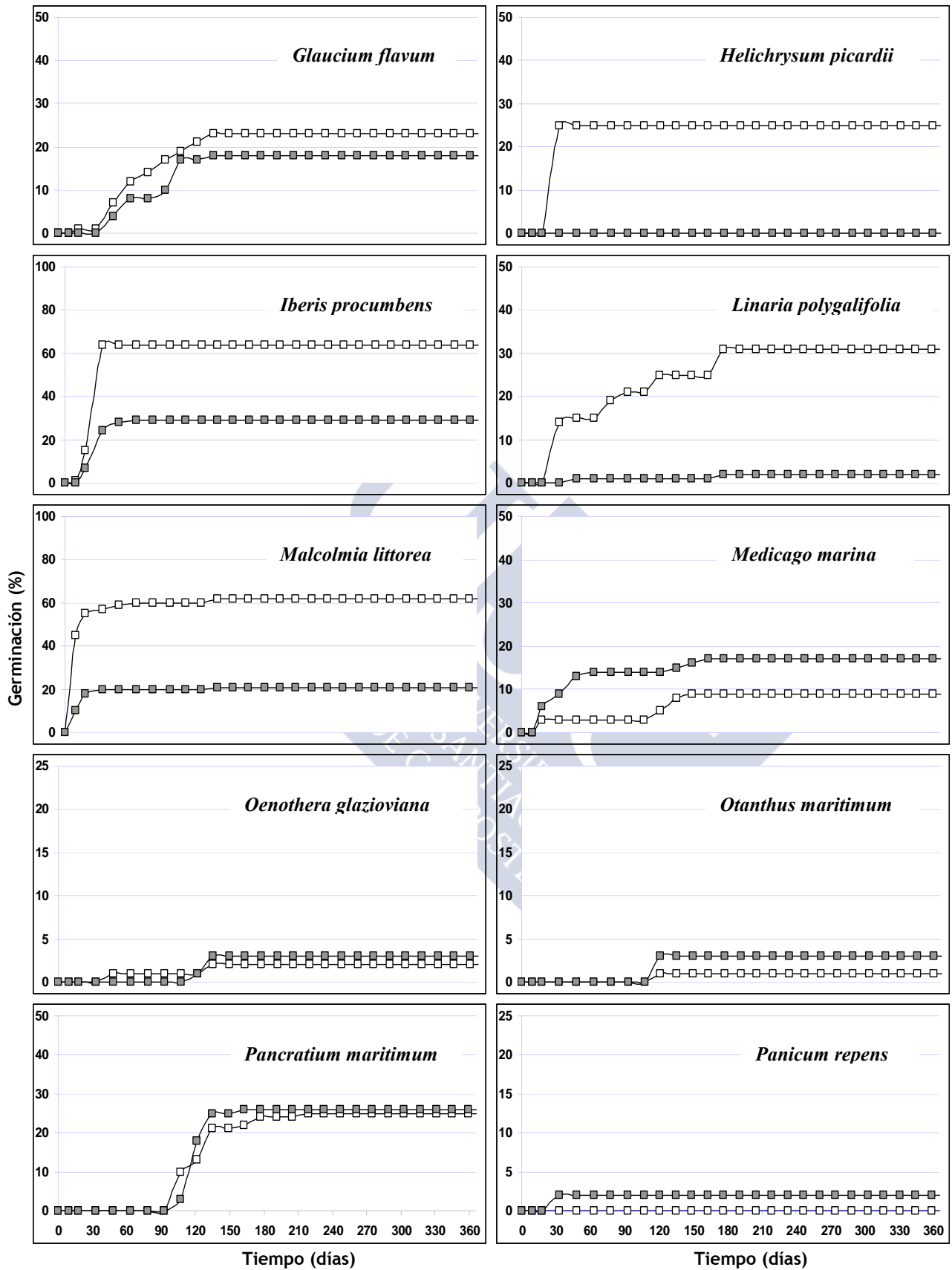


Figura 4.5. Dinámica de la emergencia de plántulas (véase pie completo al final)

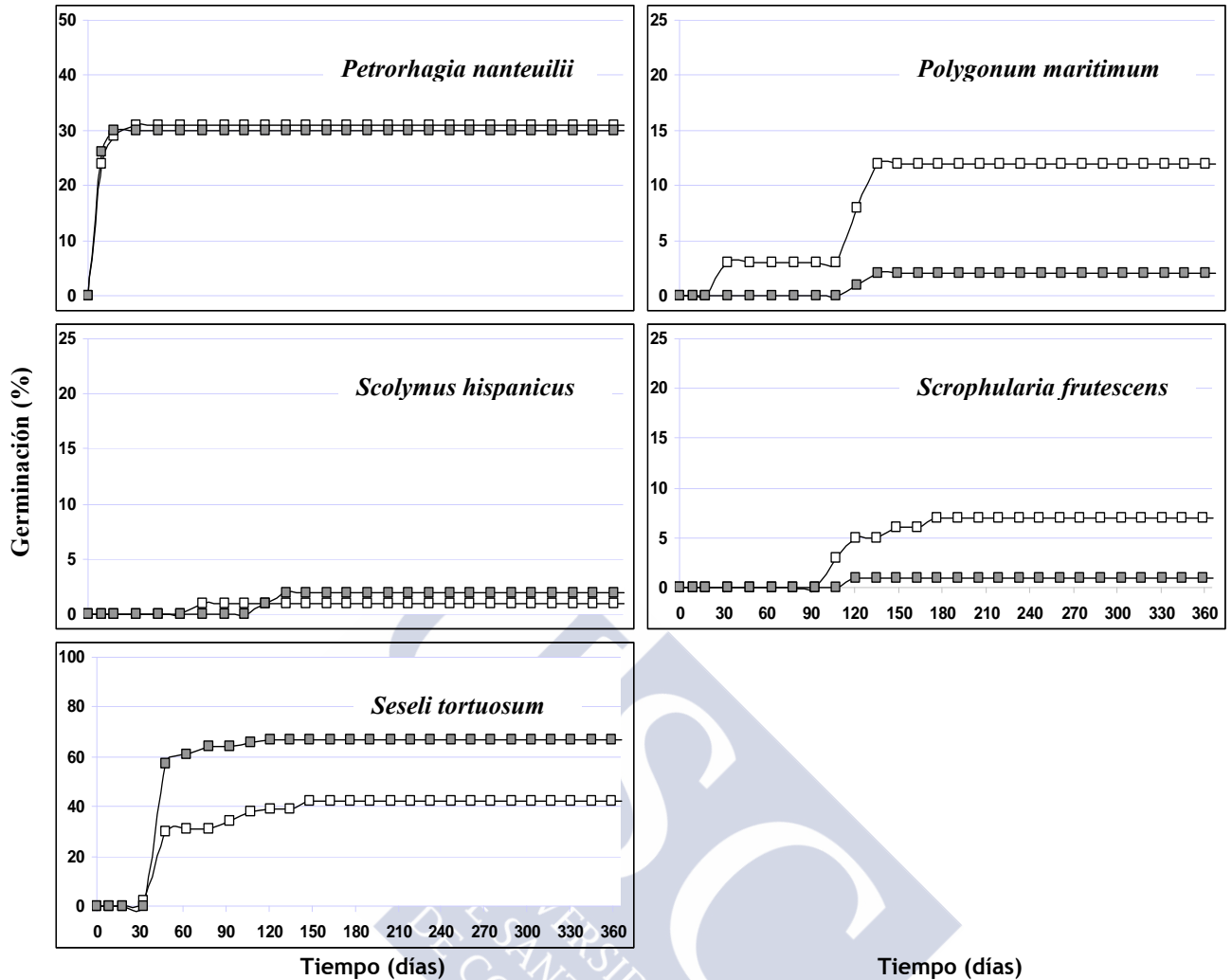


Figura 4.5. Dinámica de la emergencia de plántulas de semillas sembradas en superficie y en profundidad en campo en las condiciones de su propio medio natural. La escala de los ejes Y (% de germinación) varía entre gráficas. Las figuras de especies que no registraron emergencia no se muestran. Emergencia en superficie (□) Emergencia en profundidad (■).

Especies con un nivel medio de emergencia: tan solo se obtuvo un porcentaje medio de desarrollo de plántulas en al menos uno de los tratamientos aplicados en una especie, *Elymus farctus*.

Esta especie presentó su nivel más alto de emergencia (53%) tras la siembra en profundidad, resultado significativamente mayor al obtenido cuando las semillas son sembradas en superficie, donde presentó un nivel bajo de emergencia (20%). El ritmo de emergencia en los dos tratamientos fue lento ya que ambos presentaron un t_m de dos meses y medio, no existiendo diferencias significativas entre sí. Por tanto, cuando las semillas de esta especie fueron sembradas en profundidad aumentó el nivel de emergencia. Sin embargo, la profundidad a la que se sembraron las semillas fue indiferente con respecto al posterior ritmo de emergencia que tuvieron las plántulas.

Especies con un nivel bajo de emergencia: se obtuvieron porcentajes bajos de emergencia en al menos uno de los tratamientos aplicados en las siguientes especies: *Armeria pubigera*, *Cistus salviifolius*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Helichrysum picardii*, *Linaria polygalifolia*, *Medicago marina*, *Pancreatum maritimum*, *Petrorhagia nanteuillii* y *Polygonum maritimum*.

Armeria pubigera, mostró una emergencia máxima del 18 % en superficie, mientras que en profundidad tan sólo se obtuvo un nivel de emergencia muy bajo (3%) existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos. Mientras que el ritmo de emergencia en el tratamiento de superficie fue muy rápido, en profundidad fue lento, variando sus t_m desde dos semanas y media en superficie a por encima de dos meses en profundidad, existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos. Por lo tanto, cuando las semillas de esta especie fueron sembradas en superficie se obtuvieron los valores más elevados tanto del nivel como del ritmo de emergencia.

Cistus salviifolius alcanzó su máximo nivel de emergencia (22%) tras su siembra en superficie, no existiendo diferencias significativas con el nivel obtenido en profundidad, que también fue bajo. El ritmo de emergencia se mantuvo rápido tanto en superficie como en profundidad, con un t_m que varió desde cinco semanas en superficie hasta siete semanas en profundidad, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos. De este modo, en esta especie la profundidad de siembra de la semilla no afectó ni al nivel ni al ritmo de emergencia.

Eryngium maritimum presentó una emergencia máxima del 25% en el tratamiento de profundidad, significativamente superior al alcanzado en superficie donde el nivel de emergencia alcanzó un nivel muy bajo (10%). El ritmo de emergencia en los dos tratamientos fue muy lento, presentando un t_m entre 22 semanas en superficie y 23 semanas en profundidad, no existiendo diferencias significativas entre sí. De este modo, cuando las semillas de esta especie fueron sembradas en profundidad aumentó su nivel de emergencia, no obstante, en esta especie, la profundidad de la siembra no influyó en el ritmo de emergencia que se demoró, con un t_m por encima de los cinco meses y medio.

Euphorbia paralias alcanzó su máximo nivel de emergencia (34%) tras su siembra en profundidad, no existiendo diferencias significativas con el nivel que se obtuvo en superficie, que también fue bajo. El ritmo de emergencia en ambos tratamientos fue muy lento, sin embargo fue significativamente mayor en superficie (t_m de algo más de cinco meses) que en profundidad. De este modo, la profundidad de siembra de las semillas no afectó al nivel de emergencia, pero sí a su ritmo, que aumentó ligeramente cuando las semillas se sembraron en superficie.

Glaucium flavum mostró una emergencia máxima del 23% en el tratamiento de superficie, mientras que en el tratamiento de profundidad se obtuvo un nivel de emergencia también bajo (18%) no existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos. El ritmo de emergencia se mantuvo lento tanto en superficie como en profundidad, con un t_m de alrededor de tres meses. De este modo, la profundidad de siembra de la semilla no afectó ni al nivel ni al ritmo de emergencia, a pesar de que ambos se incrementaron ligeramente cuando las semillas se sembraron en superficie.

Helichrysum picardii presentó una emergencia del 25% en el tratamiento de superficie, existiendo diferencias significativas con el tratamiento de siembra en profundidad donde no se registró ninguna emergencia. El ritmo de emergencia en el tratamiento de superficie fue rápido, con un t_m ligeramente superior a un mes. Por lo tanto, cuando las semillas de esta especie fueron sembradas en superficie presentaron un nivel bajo y un ritmo lento de emergencia, no obteniéndose resultados en profundidad

Linaria polygalifolia presentó una emergencia máxima del 31 % en el tratamiento de superficie, significativamente superior al alcanzado en profundidad donde el nivel de emergencia alcanzó un nivel muy bajo (2%). El ritmo de emergencia se mantuvo lento, tanto en superficie como en profundidad, con un t_m de alrededor de tres meses en superficie y ligeramente superior a cuatro meses en profundidad. Existen diferencias entre tratamientos pero no se constatan estadísticamente (Tabla 4.2 del Anexo) por el bajo número de réplicas con germinación. De este modo, cuando las semillas de esta especie fueron sembradas en superficie presentaron el mayor nivel y ritmo de emergencia.

Medicago marina alcanzó su máximo nivel de emergencia (17%) tras su siembra en profundidad, no existiendo diferencias significativas con el nivel que se obtuvo en superficie, a pesar de que fue muy bajo (9%). Mientras que el ritmo de emergencia en el tratamiento de superficie fue lento, en profundidad fue rápido, variando sus t_m desde cerca de dos meses en profundidad hasta por encima de tres meses y medio en superficie. No obstante, no existieron diferencias significativas entre tratamientos. De este modo, la profundidad de siembra de la semilla no afectó ni al nivel ni al ritmo de emergencia, a pesar de que este último se incrementó ligeramente cuando las semillas se sembraron en profundidad.

Pancratium maritimum presentó una emergencia del 26% en el tratamiento de profundidad, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento de siembra en superficie que presentó un porcentaje muy similar (25%). El ritmo de emergencia se mantuvo muy lento tanto en superficie como en profundidad, con un t_m entorno a cuatro meses y medio, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos. De este modo, la profundidad de siembra de la semilla no afectó ni al nivel ni al ritmo de emergencia.

Petrorhagia nanteuilii presentó una emergencia del 31% en el tratamiento de superficie, no existiendo diferencias significativas con el de siembra en profundidad que presentó un porcentaje muy similar (30%). El ritmo de emergencia fue muy rápido en ambos casos, con un t_m cercano a dos semanas, siendo ésta la especie en la que sus plántulas emergen más rápido. Por tanto, la profundidad de siembra de la semilla no afectó ni al nivel ni al ritmo de emergencia.

Polygonum maritimum alcanzó su máximo nivel de emergencia (12%) tras su siembra en superficie, porcentaje significativamente superior al registrado la siembra en profundidad, donde se obtuvo un nivel muy bajo (2%). El ritmo de emergencia en los dos tratamientos fue muy lento, el ritmo en superficie fue mayor que en profundidad presentando un t_m de 15 y 18 semanas respectivamente, sin embargo, no existieron diferencias significativas entre sí. De este modo, cuando las semillas de esta especie fueron sembradas en superficie presentaron el mayor nivel de emergencia, no obstante, la profundidad de la siembra no influyó en el ritmo de emergencia, a pesar de que se incrementó ligeramente cuando las semillas se sembraron en superficie.

Especies con un nivel muy bajo de emergencia: se obtuvieron porcentajes muy bajos de emergencia de plántulas en al menos uno de los tratamientos aplicados en las siguientes especies: *Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Oenothera glazioviana*, *Otanthus maritimus*, *Panicum repens*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*.

Arctotheca calendula mostró su nivel más alto de emergencia (9%) tras la siembra en profundidad, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento de siembra en superficie que también fue muy bajo. Mientras que el ritmo de emergencia en el tratamiento de superficie fue rápido, en profundidad fue lento, variando sus t_m desde cerca de seis semanas en superficie hasta diez semanas en profundidad. No obstante, no existieron diferencias significativas entre tratamientos. Por tanto, la profundidad de siembra de la semilla no afectó ni al nivel ni al ritmo de emergencia, a pesar de que este último en superficie fue más rápido que en profundidad.

Artemisia crithmifolia presentó una emergencia del 5% en el tratamiento de superficie, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento en profundidad que presentó un porcentaje muy similar (3%). Mientras que el ritmo de emergencia en el tratamiento de superficie fue rápido, en profundidad fue muy lento, variando sus t_m desde cerca de un mes hasta más de cuatro meses. Existen diferencias entre tratamientos pero no se constatan estadísticamente (Tabla 4.1 del anexo) por el bajo número de réplicas con germinación. Por tanto, la profundidad de siembra de la semilla no afectó al nivel de emergencia pero sí al ritmo que disminuyó a mayor profundidad de siembra.

Cakile maritima alcanzó un nivel de emergencia similar tanto en superficie como en profundidad (2%), por tanto, no existieron diferencias significativas entre ambos. El ritmo de emergencia se mantuvo muy rápido en superficie, con un t_m de dos semanas y media, sin embargo, en profundidad fue lento, con un t_m de once semanas. Existen diferencias entre tratamientos pero nuevamente no se constatan estadísticamente (Tabla 4.2 del anexo) por el bajo número de réplicas con germinación. Por tanto, la profundidad de siembra de la semilla no afectó al nivel de emergencia pero sí al ritmo que disminuyó con la profundidad de siembra.

Crithmum maritimum presentó una emergencia del 6% en el tratamiento de superficie, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento de siembra en profundidad que presentó un porcentaje muy similar. El ritmo de emergencia se mantuvo lento en superficie y muy lento en profundidad, no obstante sus t_m variaron mucho, desde los dos meses en superficie a los cinco en profundidad, por lo que existen diferencias significativas entre ambos. Por tanto, la profundidad de siembra de las semillas no afectó al nivel de emergencia pero sí al ritmo, que se demoró cuando las semillas se sembraron en profundidad.

Daphne gnidium presentó una emergencia del 5% en el tratamiento de superficie, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento en profundidad que presentó un porcentaje muy similar (3%). El ritmo de emergencia se mantuvo rápido en superficie pero muy lento en profundidad. Los t_m variaron mucho llegando a dos meses en superficie e incrementándose en profundidad por encima de los cuatro meses, existiendo diferencias significativas entre ambos. Por tanto, la profundidad de siembra de la semilla no afectó al

nivel de emergencia pero sí al ritmo que se demoró cuando las semillas se sembraron en profundidad.

Oenothera glazioviana presentó una emergencia del 3% en el tratamiento de profundidad, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento de siembra en superficie que presentó un porcentaje muy similar. El ritmo de emergencia en superficie fue lento y en profundidad muy lento, variando sus t_m desde los tres meses en superficie hasta por encima de los cuatro meses y medio en profundidad. Existen diferencias entre tratamientos pero no se constatan estadísticamente (Tabla 4.1 del anexo) por el bajo número de réplicas con germinación. De este modo, la profundidad de siembra de la semilla no afectó al nivel de emergencia pero sí al ritmo que disminuyó a mayor profundidad de siembra.

Otanthus maritimus presentó una emergencia del 3% en el tratamiento de profundidad, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento de siembra en superficie que presentó un porcentaje muy similar. El ritmo de emergencia se mantuvo muy lento, tanto en superficie como en profundidad, con un t_m algo superior a cuatro meses, no existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos. Por lo tanto, la profundidad de siembra de la semilla no afectó ni al nivel ni al ritmo de emergencia.

Panicum repens presentó una emergencia del 2% en el tratamiento de profundidad, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento de siembra en superficie donde no se registró ninguna emergencia. El ritmo de emergencia fue rápido, con un t_m de algo más de un mes. De este modo, cuando las semillas de esta especie fueron sembradas en profundidad presentaron un nivel muy bajo y un ritmo lento de emergencia.

Scolymus hispanicus presentó una emergencia del 2% en el tratamiento de superficie, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento en profundidad que presentó un porcentaje muy similar (1%). El ritmo de emergencia se mantuvo lento tanto en superficie como en profundidad, con un t_m de alrededor de doce semanas, no existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos. Por lo tanto, la profundidad de siembra de la semilla en esta especie no afectó ni al nivel ni al ritmo de emergencia.

Scrophularia frutescens mostró su nivel más alto de emergencia (7%) tras la siembra en superficie, no existiendo diferencias significativas con el tratamiento en profundidad que también fue muy bajo. El ritmo de emergencia fue muy lento tanto en superficie como en profundidad, con un t_m cercano a 18 semanas, no existiendo diferencias significativas entre ambos. Por tanto, la profundidad de siembra de la semilla no afectó ni al nivel ni al ritmo de emergencia.

Especies que no desarrollaron plántulas: hubo dos especies que no desarrollaron plántulas en ninguno de los tratamientos aplicados, *Corema album* y *Silene uniflora*.

4.3.2. Índice de tolerancia y correlación lineal

Tras el cálculo del índice de tolerancia para cada especie, en superficie, *Malcolmia littorea* (2,93) e *Iberis procumbens* (2,03) presentaron el valor más elevado, mientras que en profundidad, *Seseli tortuosum* (60) fue con diferencia la especie con un índice de tolerancia

más alto, seguido de *Elymus farctus*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Malcolmia littorea*, *Iberis procumbens* y *Euphorbia paralias* (Tabla 4.1).

Especies	Masa media semilla (µg)	Superficie (0,1cm)		Profundidad (3 cm)	
		%	IT	%	IT
<i>Arctotheca calendula</i>	1730	7	0,21	9	8,35
<i>Armeria pubigera</i>	700	18	0,63	3	3,16
<i>Artemisa crithmifolia</i>	230	5	0,21	3	3,81
<i>Cakile maritima</i>	16200	2	0,04	2	1,42
<i>Cistus salviifolius</i>	1200	22	0,71	17	16,61
<i>Corema album</i>	6600	0	0	0	0
<i>Crithmum maritimum</i>	3700	6	0,16	3	2,52
<i>Daphne gnidium</i>	4000	5	0,13	3	2,5
<i>Elymus farctus</i>	16000	20	0,47	53	37,85
<i>Eryngium maritimum</i>	13000	10	0,24	25	18,24
<i>Euphorbia paralias</i>	6500	27	0,70	34	26,77
<i>Glaucium flavum</i>	1220	23	0,74	18	17,53
<i>Helichrysum picardii</i>	70	25	1,35	0	0
<i>Iberis procumbens</i>	1400	64	2,03	29	27,67
<i>Linaria polygalifolia</i>	180	31	1,37	2	2,66
<i>Malcolmia littorea</i>	130	62	2,93	21	29,85
<i>Medicago marina</i>	2500	9	0,26	17	15,04
<i>Oenothera glazioviana</i>	380	2	0,07	3	3,50
<i>Otanthus maritimus</i>	580	1	0,03	3	3,26
<i>Pancreatium maritimum</i>	54000	25	0,52	26	16,49
<i>Panicum repens</i>	300	0	0	2	2,42
<i>Petrorhagia nanteuilii</i>	270	31	1,27	30	37,03
<i>Polygonum maritimum</i>	2300	12	0,35	2	1,78
<i>Scolymus hispanicus</i>	1600	2	0,06	1	0,93
<i>Scrophularia frutescens</i>	510	7	0,26	1	1,11
<i>Seseli tortuosum</i>	2000	42	1,27	66	60,00
<i>Silene uniflora</i>	1200	0	0	0	0

Tabla 4.1. Valores medios de los porcentajes de emergencia e índice de tolerancia (IT) para cada especie y profundidad de enterramiento de las 27 especies de flora litoral estudiadas.

Para determinar la relación entre la masa de la semilla y la emergencia de plántulas de semillas sembradas en profundidad (3cm), se ha desarrollado la correspondiente figura de regresión lineal (Figura 4.6.a). Existe una relación directa entre el nivel de emergencia de semillas sembradas en profundidad y la masa media de las semillas (en logaritmo) y podríamos pronosticar que el nivel de emergencia crecería progresivamente con el aumento de la masa de las semillas en las especies estudiadas, sin embargo, dicha relación ha resultado baja, a la vista del coeficiente de correlación lineal ($R = 0,31$)

Esta relación resultó más evidente cuando se determinó la relación entre el nivel de emergencia en superficie y profundidad de cada especie y el log de la masa de la semilla a través de la correspondiente figura de regresión lineal (Figura 4.6.b). Se obtuvo una significación moderada ($R^2 = 17\%$), con un coeficiente de correlación ($R = 0,42$). Por tanto, existe una relación moderada entre masa de la semilla y relación superficie/profundidad de emergencia, a la vista del coeficiente de correlación lineal.

Existe una relación inversa entre el nivel de relación superficie/profundidad de emergencia y el logaritmo de la masa media de las semillas. De este modo, podríamos predecir que el nivel de emergencia decrecería progresivamente con el aumento de la masa de las semillas en las especies estudiadas

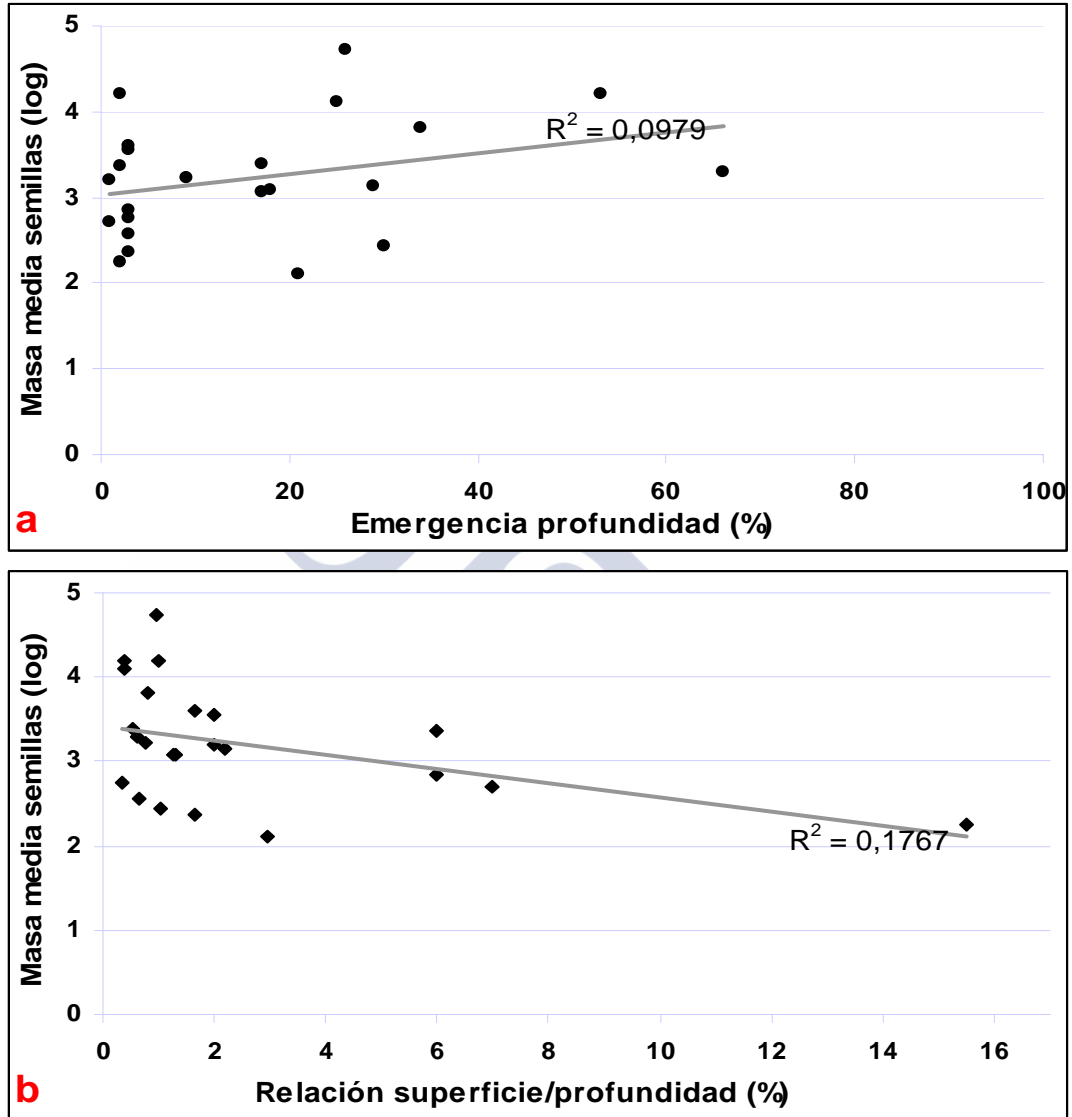


Figura 4.6. **a)** Relación entre el nivel de emergencia en profundidad y el logaritmo de la masa de la semilla. Línea de tendencia (—). **b)** Relación entre el nivel de emergencia en superficie / emergencia en profundidad y el logaritmo de la masa de la semilla. Línea de tendencia (—).

4.4. DISCUSIÓN

4.4.1. Nivel de emergencia

Tan solo tres de las especies estudiadas presentaron un nivel alto de emergencia (*Iberis procumbens*, *Malcolmia littorea* y *Seseli tortuosum*), y una un nivel intermedio (*Elymus farctus*). La mayoría presentan un nivel de emergencia bajo (*Armeria pubigera*, *Cistus salviifolius*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Helichrysum picardii*, *Linaria polygalifolia*, *Medicago marina*, *Pancratium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Polygonum maritimum*) o muy bajo (*Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Oenothera glazioviana*, *Otanthus maritimus*, *Panicum repens*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*). Por tanto, 23 de las 27 especies objeto de estudio no superan el 40% de emergencia en ningún nivel de profundidad, incluidas las dos que no han presentado ninguna (*Corema album* y *Silene uniflora*).

Los escasos niveles de emergencia obtenidos en las condiciones naturales de desarrollo de estas especies contrastan con los que cabría esperar conociendo su germinación en estas mismas condiciones (Capítulo I); destacando en este sentido *Arctotheca calendula*, *Cakile maritima*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Petrorhagia nanteuilii* (con una emergencia algo más elevada) o *Silene uniflora*, cuyo nivel de germinación sabemos que es elevado o muy elevado, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, sin variabilidad interanual ni con el almacenamiento.

Tras la germinación de las semillas, la emergencia de plántulas desde cierta profundidad en la arena depende de dicha profundidad y de la energía disponible en su endospermo o cotiledones (Zhang & Maun, 1993; Baskin & Baskin, 1998), puesto que la compactación de la arena en profundidad representa una resistencia física al crecimiento de los meristemos apicales tras la germinación, frenando su avance hacia la superficie (Maun, 1998). Por eso, mientras las semillas presentan una elevada resistencia al estrés ambiental las plántulas son mucho más susceptibles, por lo que no deben sorprendernos los niveles bajos de emergencia de las mismas, y más aún si tenemos en cuenta las condiciones ambientales más variables de su propio medio natural en comparación con condiciones de laboratorio, como han mostrado Buhk & Hensen (2008) al comparar el nivel de supervivencia de semillas de plantas mediterráneas y Zheng *et al.*, (2009) que obtuvieron en ensayos de campo baja emergencia de plántulas en cuatro especies psammófilas del desierto (*Artemisia ordosica*, *Artemisia sphaerocephala*, *Caragana korshinskii* y *Hedysarum laeve*). Existen por tanto diferentes condicionantes que reducen la aparición de plántulas tras la germinación e incluso la propia germinación puede serlo. En el medio natural estos condicionantes pueden ser muy variados; pluviometría, salinidad, predación por aves o insectos, ataque de microorganismos presentes en el suelo, alelopatía, cambios de temperatura y radiación, la propia mortalidad de semilla germinada antes de alcanzar su estado de plántula o el propio enterramiento de la semilla, que en muchos casos puede inducir la dormición (Fenner, 1987; Maun, 1998, Fenner & Kitajima, 1999; Padilla & Pugnaire, 2007).

4.4.2. Efecto de la profundidad

En dunas costeras, el enterramiento en arena es uno de los principales factores que controla la distribución y composición de la vegetación (Van der Valk, 1974; Maun & Lapierre, 1986).

Entre las especies objeto de estudio, dieciseis, presentan una emergencia similar tanto en superficie como en profundidad (*Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Crithmum maritimum*, *Cistus salviifolius*, *Daphne gnidium*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Otanthus maritimus*, *Pancreatium maritimum*, *Panicum repens*, *Petrorhagia nanteuillii*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*), seis más en superficie (*Armeria pubigera*, *Helichrysum picardii*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Malcolmia littorea* y *Polygonum maritimum*), tres más en profundidad (*Elymus farctus*, *Eryngium maritimum* y *Seseli tortuosum*) y en dos no se han producido emergencias (*Silene uniflora* y *Corema album*)

Estos resultados muestran que la mayoría (16) de las especies estudiadas presentan tolerancia al enterramiento en arena en los niveles que hemos estudiado, puesto que, aunque en la mayoría los niveles de emergencia son más elevados en superficie que en profundidad su variación es pequeña en los niveles analizados en este estudio, tal como se ha encontrado en algunas especies de dunas tropicales (Martínez *et al.*, 2002).

No obstante, seis especies muestran grandes variaciones en la emergencia entre los dos niveles de profundidad, que disminuye claramente en el caso de *Armeria pubigera*, *Iberis procumbens*, *Malcolmia littorea*, y *Polygonum maritimum*, y totalmente en el de *Helichrysum picardii* y *Linaria polygalifolia*, cuyas plántulas no emergen en profundidad. Estos resultados confirman la teoría general de que a mayor profundidad de enterramiento de las semillas, menor emergencia de plántulas, como se ha descrito en especies de dunas templadas (*Ammophila breviligulata*, *Elymus canadensis*, *Cakile edentula*, *Cirsium pitcherii*) (Maun & Lapierre 1986; Chen & Maun 1999) y tropicales (*Amaranthus greggii*, *Ipomoea stolonifera*, *Trachypogon plumosus*, *Canavalia rosea*, *Ipomoea pes-caprae*, *Ambrosia Artemisiifolia*, *Chamaecrista chamaecristoides* *Palafoxia lindenii*) (Martínez *et al.*, 1992, 2002), y también en otras especies como *Mimosa pudica* en la que Chauhan & Johnson, (2009) encontraron que la emergencia de plántulas decrece gradualmente a partir de 2cm con el incremento de la profundidad, llegando a ser inexistente a partir de 8cm de profundidad. Otros autores como Zheng *et al.*, (2009) encontraron que la emergencia de psamófilas de desierto fue máxima a la menor profundidad ensayada (0,5cm) y que a profundidades mayores decrece, concluyendo que las profundidades de enterramiento superficiales son las más adecuadas para las plantas de duna de desierto. Por tanto, en los hábitats objeto de estudio, la mayor proporción de plántulas que pueden establecerse proceden de las semillas de capas muy superficiales del suelo. Las semillas enterradas a mayores profundidades requerirían ser removidas a estas capas superiores para germinar y para que sus plántulas prosperen.

Además, las seis especies que muestran mayor variación en la emergencia presentan semillas pequeñas o muy pequeñas, entre ellas *Helichrysum picardii* *Malcolmia littorea* y *Linaria polygalifolia* presentan las más pequeñas de las especies estudiadas, lo que es acorde con la teoría de que la habilidad de las plántulas para emerger desde diferentes niveles de profundidad está relacionada con su peso, de modo que las semillas más grandes y pesadas

presentan más reservas energéticas y por lo tanto plántulas más vigorosas que las de las semillas más pequeñas (Chen & Maun, 1999, Martínez *et al.*, 2002), como han encontrado Nandula *et al.*, (2006) en semillas de *Conyza canadiensis* que dado su pequeño tamaño, poseen limitadas reservas para prosperar si son sembradas en profundidad.

Pero la emergencia en tres especies (*Elymus farctus*, *Eryngium maritimum*, *Seseli tortuosum*) no se corresponde con la tendencia anteriormente expuesta, ya que es claramente más elevada en profundidad que en superficie. En este caso, el enterramiento en arena a escasa profundidad facilita la emergencia de plántulas más que en superficie posiblemente favoreciendo un mayor nivel de humedad alrededor de las semillas, previniendo así su secado y el de las plántulas en superficie, (Maun, 1998, Benvenuti *et al.*, 2001), lo que se aprecia sobre todo en las especies con semillas grandes, como han encontrado Maun & Riach (1981) en *Calamovilfa longifolia* y Martínez *et al.*, (2002) en *Canavalia rosea*. En nuestro caso las tres especies en que esto ocurre se encuentran entre las de mayor tamaño de semillas estudiadas.

En este sentido es de señalar que en el grupo de 16 especies con niveles de emergencia similares en superficie y en profundidad el índice de tolerancia IT es comparativamente mayor en profundidad, en donde alcanza valores más o menos elevados en función del propio valor de emergencia y del peso de las semillas, destacando entre ellas *Euphorbia paralias* y *Petrorhagia nanteuillii*. Algo similar ocurre en las seis especies con niveles de emergencia mayores en superficie que en profundidad, con la excepción de *Helichrysum picardii* que no germina en profundidad, puesto que también presentan valores de IT comparativamente mayores en profundidad; destacando entre ellas *Iberis procumbens* y *Malcolmia littorea*. Finalmente, también presentan elevados niveles de IT las tres especies con mayor nivel de emergencia desde la profundidad, *Elymus farctus*, *Eryngium maritimum* y *Seseli tortuosum*, esta última con el valor más elevado de todos.

Por lo tanto, el IT resulta adecuado para describir la tolerancia de las especies al enterramiento en los niveles analizados puesto que combina el nivel de emergencia con la masa de las semillas, que afecta a dicha tolerancia, como han propuesto Martínez *et al.* (1997, 2002). En este mismo sentido, las diferencias en la tolerancia al enterramiento durante la germinación pueden contribuir a la distribución espacial de la vegetación en playas y dunas (Martínez *et al.*, 2001, 2002), de modo que las especies más tolerantes anteriormente mencionadas soportarían mejor las condiciones de playa y dunas móviles donde el enterramiento es más probable, y las menos tolerantes las de las zonas con menos movilidad de arena, como la trasduna (foredune).

En esta misma línea, se observa una relación moderada ($R = 0,42$) entre la relación superficie/profundidad del nivel de emergencia y la masa de la semilla de las especies estudiadas, en consonancia con lo descrito por otros autores como Martínez *et al.* (2002) al comparar la emergencia de cinco especies de arenales tropicales en varios niveles de profundidad, encontrando que *Canavalia maritima* e *Ipomea pes-caprae*, cuyas semillas son las más grandes entre las estudiadas, presentaron el mayor nivel de emergencia a mayor profundidad, y Guillemín & Chauvel (2011) en *Ambrosia artemisiifolia*, en la que las semillas grandes alcanzaron mayor nivel de emergencia en profundidad que las pequeñas - En nuestro caso, sabemos que el nivel de germinación es variable entre las especies estudiadas debido a su mayor o menor nivel de dormición, habilidad para germinar en condiciones de fotoperiodo

y/o oscuridad, entre otros factores (resultados correspondientes al Capítulo I), lo que influye en el nivel de emergencia, independientemente del tamaño de las semillas, interfiriendo en el análisis de la relación entre ambas variables que resulta mucho más clara al considerar la relación superficie/profundidad del nivel de emergencia.

La emergencia de plántulas, en superficie o en profundidad, resulta acorde en casi todas las especies con su mayor nivel de germinación en oscuridad, a pesar de que a menos de 2 cm de profundidad la intensidad de luz puede ser detectada (Huang *et al.*, 2001); de modo que casi todas las especies con emergencias también pueden germinar en dichas condiciones (bien predominantemente en oscuridad como es el caso de *Armeria pubigera*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Linaria polygalifolia*, *Malcolmia littorea*, *Pancratium maritimum*, *Scrophularia frutescens* y *Seseli tortuosum*, o bien tanto en oscuridad o fotoperiodo: *Arctotheca calendula*, *Cakile maritima*, *Cistus salviifolius*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Petrorrhagia nanteuilii* y *Silene uniflora*); lo que parece indicar que dichos requerimientos de oscuridad se cumplen incluso con un ligero enterramiento superficial. Únicamente en el caso de *Otanthus maritimus* no se observa dicha correspondencia, y puesto que nuestros resultados indican que presenta fotoinhibición de la germinación, como han encontrado también Thanos *et al.*, (1991, 1994), lo que favorecería que dicho proceso se produzca al enterrarse las semillas, y que sin embargo en nuestro caso se traduce en una emergencia muy baja de plántulas. En esta misma línea, entre las especies en las que hemos encontrado que su germinación se produce sobre todo en condiciones de fotoperiodo, dos con semillas pequeñas presentan una emergencia muy escasa (*Artemisia crithmifolia*, *Panicum repens*), como ocurre también en una con semillas grandes (*Crithmum maritimum*); y otra con semillas algo más grandes (*Polygonum maritimum*) presenta nivel de emergencia algo mayor, lo que parece indicar que los requerimientos de luz de estas especies no se cumplen ni tan siquiera en las capas más superficiales de arena.

4.4.3. Ritmo de emergencia

De todas las especies estudiadas cinco presentaron un ritmo de emergencia muy rápido (t_m menor de un mes); *Armeria pubigera*, *Cakile maritima* e *Iberis procumbens* (en superficie) y *Malcolmia littorea* y *Petrorrhagia nanteuilii* (tanto en superficie como en profundidad). Otras cinco presentaron un ritmo rápido (t_m menor de dos meses); *Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Daphne gnidium* y *Helichrysum picardii* en superficie e *Iberis procumbens*; *Panicum repens* en profundidad y *Cistus salviifolius*, tanto en superficie como en profundidad. Con un ritmo de emergencia lento encontramos la mayoría de las especies; *Artemisia crithmifolia*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Oenothera glazioviana*, *Polygonum maritimum* (en superficie), *Arctotheca calendula*, *Armeria pubigera*, *Cakile maritima* y *Iberis procumbens* (en profundidad) y *Elymus farctus*, *Glaucium flavum*, *Linaria polygalifolia*, *Medicago marina*, *Scolymus hispanicus* y *Seseli tortuosum* tanto en superficie como en profundidad. Mientras que con un ritmo de emergencia muy lento (t_m mayor de cuatro meses) encontramos a *Artemisia crithmifolia*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Oenothera glazioviana* y *Polygonum maritimum* en profundidad, y *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Otanthus maritimus*, *Panocratium maritimum* y *Scrophularia frutescens* tanto en superficie como en profundidad.

En la mayoría las especies el t_m de emergencia resultó algo mayor en profundidad, aunque sin diferencias significativas con el de superficie, por lo que el ritmo no varió con la

misma, ni siquiera entre las que presentaron mayor nivel de germinación (*Cistus salviifolius*, *Elymus farctus*, *Eryngium maritimum*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Malcolmia littorea*, *Pancratium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum* y *Seseli tortuosum*); y únicamente en cuatro especies estas diferencias en t_m sí resultaron significativas (*Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Euphorbia paralias*).

En la mayoría de especies la emergencia se produjo de manera continua en los dos o tres primeros meses. Tan solo *Arctotheca calendula*, *Linaria polygalifolia* (en superficie), *Medicago marina* y *Polygonum maritimum* (en superficie) presentaron una emergencia escalonada en el tiempo, y en todas ellas se ha estabilizado en torno a los primeros seis meses, de modo que en los seis siguientes, con condiciones ambientales mucho menos favorables para la germinación ésta no se ha producido (Figura 4.5). El tiempo medio de emergencia en estas especies permite diferenciar entre semillas germinadoras rápidas, de otoño-invierno, y germinadoras tardías, de primavera.

En el primer grupo encontraríamos especies de germinación otoñal, inmediatamente después de su maduración, en cuanto las condiciones ambientales son favorables, con una temprana e intensa germinación en el primer mes de estudio (*Helichrysum picardii*, *Iberis procumbens*, *Malcolmia littorea*, *Panicum repens* y *Petrorhagia nanteuilii*), mientras que las especies germinadoras de invierno demoran un poco más su germinación, siendo el grupo más numeroso (*Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Armeria pubigera*, *Cakile maritima*, *Cistus salviifolius*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Glaucium flavum*, *Linaria polygalifolia*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Polygonum maritimum* y *Scolymus hispanicus*). El hecho de que la mayoría de las plántulas de estas especies emerjan a los 2-3 meses de tratamiento, confirma que para la flora de litoral las condiciones de invierno y principio de primavera son las más favorables para la germinación (Thanos *et al.*, 1991; Baskin & Baskin, 1998).

Por otro lado, las especies germinadoras tardías, de primavera, inician su germinación sobre los cuatro meses de tratamiento (*Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Otanthus maritimus*, *Pancratium maritimum* y *Scrophularia frutescens*). Este hecho es concordante con la hipótesis de que estas especies necesitan un periodo de frío para germinar (Capítulo II), siendo de destacar además, comparativamente con los resultados del tratamiento de estratificación fría, que en el medio natural (con menor disponibilidad de frío) requieren mayor duración del mismo para alcanzar un cierto nivel de germinación (efecto compensatorio). En este sentido, aunque *Pancratium maritimum* no fue estudiada en condiciones de estratificación fría, también podría ajustarse a esta interpretación dada su variabilidad interanual en el nivel de germinación.

Deducimos por tanto, que la germinación en el campo en el ciclo natural de un año puede ocurrir rápidamente (germinadoras de otoño), o tardíamente después de un periodo frío (germinadoras de primavera), o en el intervalo invernal entre ambas que llega hasta 3 o 4 meses máximo (germinadoras de invierno).

En base a estos resultados, a pesar de que el nivel de germinación de semillas, que está muy condicionado por factores del medio, no es comparable con el nivel de emergencia de plántulas, el ritmo de emergencia sí que sigue un patrón similar al observado en los ensayos de germinación, especialmente notorio en el caso de las especies que lo presentan muy lento,

por lo que parece una característica más intrínseca de las semillas en estas especies. Además, el ritmo de emergencia también resulta concordante con la dormición propuesta para las especies estudiadas en el Capítulo II, de modo que entre las especies estudiadas en este aspecto para las que nuestra propuesta fue la de que presentaban dormición fisiológica no profunda, *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Glaucium flavum*, *Linaria polygalifolia*, *Daphne gnidium* y *Scrophularia frutescens* se encuentran entre las que presentan un t_m de emergencia más largo (2-3 o incluso 4 meses), bien en superficie o en profundidad; como *Euphorbia paralias*, con dormición fisiológica intermedia y t_m próximo a 4 meses y *Eryngium maritimum* con dormición fisiológica profunda, con t_m también en torno a 4 meses, el más elevado entre las especies estudiadas. En todos estos casos los requerimientos para aliviar la dormición se irían cumpliendo con el tiempo, mediante acumulación de horas de frío invernal. Es de señalar no obstante que en el caso de *Iberis procumbens* para la que hemos propuesto dormición fisiológica no profunda, la emergencia es rápida, lo que puede ser debido a la gran variabilidad interanual de la germinación, de modo que la proporción de semillas con dicha dormición también variaría.

De acuerdo con dicha relación entre dormición y t_m de emergencia elevado, posiblemente otras especies que no han sido seleccionadas por nosotros para estudiar su dormición también la presenten, como es el caso de *Oenothera glazioviana* y *Otanthus maritimus*, o el de *Elymus farctus* y *Pancratium maritimum*; las cuales, excepto la segunda, presentaron niveles de germinación elevados, por lo que se haría necesario verificar no solamente este aspecto sino también otras posibilidades, siendo de señalar en este sentido que las dos últimas se encuentran entre las que presentan semillas más grandes que, como se ha comentado al comparar los niveles de emergencia en superficie o en profundidad, requieren mayor contenido en humedad en la arena para hidratarse, lo que podría retrasar su emergencia.

Y finalmente, las especies en las que nuestra propuesta fue de que no presentaban inicialmente dormición (*Arthoteca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile marítima*, *Daphne gnidium*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Panicum repens* y *Petrorhagia nanteuillii*), presentan una emergencia muy rápida o rápida.

Aunque el ensayo se prolongó durante un año, todas las plántulas que emergieron lo hicieron en los seis primeros meses de tratamiento. La falta de emergencia a partir de ese momento ocurre coincidiendo con la época estival con mayores temperaturas y descenso de la pluviometría (Figuras 4.2 y 4.3). Coincidiendo además, con el periodo en el que aumenta la salinidad en el suelo, perjudicando la germinación de la semilla (Capítulo III). Este hecho podría relacionarse con un periodo de dormición secundaria que afectaría a las semillas del suelo, que prevendría que éstas germinaran durante una lluvia ocasional durante el verano como han encontrado Thanos *et al.*, (1989) y Maher *et al.*, (2000) en especies mediterráneas. Dicho mecanismo debería revertirse una vez reaparecen las lluvias, la humedad en el suelo y la bajada de temperaturas, como ha descrito Narbona *et al.*, (2007) para las semillas enterradas de la planta de suelos arenosos *Euphorbia boetica*. Sin embargo, este hecho no ocurre en nuestro estudio, no volviéndose a registrar ninguna germinación hasta el final del tratamiento. Este hecho podría deberse factores externos como depredación, pero más probablemente a dos causas; una pérdida de viabilidad de las semillas (Ren *et al.*, 2002), o a la falta de ruptura de la dormición de un porcentaje importante de semillas que una vez entran a formar parte del banco podrían entrar en una dormición secundaria profunda, especialmente

en las especies que sabemos no pierden su viabilidad con el tiempo, presentando elevados niveles de germinación tras un almacenamiento a corto plazo (Capítulo I). Es de señalar también la diferencia entre el almacenamiento en campo y el tratamiento de almacenamiento a corto plazo podría estar en que las segundas se almacenaron en las condiciones de temperatura de su propio hábitat pero en seco, mientras que en el campo las semillas estaban sometidas a las variaciones de humedad del suelo que inducirían la dormición. Se hace necesario por tanto, un estudio de los cambios en la dormición de las semillas de estas especies en función de la temperatura y humedad.

4.4.4. *Potencialidad en restauración mediante siembra*

Tal como ha descrito Maun (1998), en arenales costeros las semillas recién producidas son enterradas a profundidad variable, pudiendo germinar y emerger posteriormente como plántulas, o bien germinar pero no emerger, o no germinar y ser destruidas, o no germinar y acumularse en un banco de semillas viables; posibilidades que han sido puestas en evidencia en plantas de arenales costeros y que reflejan las diferencias que pueden presentar en su tolerancia al enterramiento en arena.

Entre las especies estudiadas por nosotros, cuatro presentaron un nivel de emergencia elevado (*Iberis procumbens*, *Malcolmia littorea* y *Seseli tortuosum*, seguidas de *Elymus farctus*), las dos primeras en superficie y las dos últimas en profundidad; son especies con elevado potencial para establecer plántulas en condiciones naturales; mientras que 11 presentaron un nivel bajo, 10 muy bajo y dos nulo.

En cuanto al efecto de la profundidad, en la mayoría de las especies estudiadas se han producido emergencia de plántulas en los dos niveles estudiados, con niveles de emergencia similares también en la mayoría de ellas ya que solamente en seis las plántulas emergieron más en superficie, en tres más en profundidad; y solamente en dos no se han producido en ninguno de los dos niveles. Por lo tanto, atendiendo a su nivel de emergencia y tolerancia a los niveles de profundidad estudiados, también pueden resultar adecuadas *Cistus salviifolius*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Medicago marina*, *Pancratium maritimum*, y *Petrorhagia nanteuillii* con un nivel de germinación bajo; y en menor medida debido a su nivel muy bajo *Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Oenothera glazioviana*, *Otanthus maritimus*, *Panicum repens*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*.

Pero además, atendiendo también a su ritmo de emergencia, destacan por su rapidez entre las de nivel de emergencia elevado en superficie, *Iberis procumbens* y *Malcolmia littorea*, entre las de nivel bajo *Armeria pubigera* y *Helichrysum picardii* en superficie y *Petrorhagia nanteuillii*, *Cistus salviifolius* y *Medicago marina* tanto en superficie como en profundidad y entre las de nivel muy bajo *Arctotheca calendula*, *Artemisa crithmifolia* y *Cakile marítima*, en superficie; todas ellas resultan adecuadas para una rápida restauración mediante siembra directa (con la excepción de la especie invasora), que puede ser complementada con aquellas cuya emergencia es lenta o muy lenta, *Seseli tortuosum* y *Elymus farctus* en superficie y profundidad, entre las de nivel de emergencia elevado; *Linaria polygalifolia* y *Polygonum maritimum* en superficie, *Eryngium maritimum* en profundidad, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Panocratium maritimum*, en ambos niveles entre las de emergencia baja, así como las restantes siete especies con emergencia muy baja.

Es de señalar nuevamente al respecto que el creciente aislamiento de los ecosistemas dunares debido a la presión antrópica aconseja en ocasiones la restauración con siembra directa (Bossuyt & Hermy, 2003).

4.4.5. Conclusiones

1. Los niveles de emergencia de plántulas en su propio medio natural de la mayoría de las especies estudiadas son bajos o muy bajos, puesto que solamente cuatro los presentan medios o elevados; más bajos que los que cabría esperar conociendo su nivel de germinación, mostrando así la menor resistencia de las plántulas al estrés ambiental de su medio natural, en nuestro caso arenales costeros atlánticos.
2. La mayoría de las especies estudiadas (16) presentan tolerancia al enterramiento en arena, puesto que, aunque en la mayoría los niveles de emergencia son más elevados en superficie que en profundidad su variación es pequeña en los niveles analizados en este estudio. No obstante, seis especies muestran grandes variaciones en la emergencia entre los dos niveles de profundidad, que disminuye claramente en *Armeria pubigera*, *Iberis procumbens*, *Malcolmia littorea*, y *Polygonum maritimum*, y totalmente en *Helichrysum picardii* y *Linaria polygalifolia*, cuyas plántulas no emergen en profundidad.
3. Las especies que muestran mayor disminución en la emergencia en profundidad presentan semillas pequeñas o muy pequeñas, entre ellas *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea* y *Linaria polygalifolia* con las más pequeñas entre las especies estudiadas, lo que es acorde con la teoría que relaciona emergencia desde diferentes niveles de profundidad con su peso. Además, la emergencia de tres especies con las semillas de mayor tamaño, (*Elymus farctus*, *Eryngium maritimum*, *Seseli tortuosum*) no se corresponde con esta tendencia, ya que es claramente más elevada en profundidad, en donde encuentran un mayor nivel de humedad para su hidratación, que en superficie. La relación superficie/profundidad del nivel de emergencia y la masa de la semilla del conjunto de las especies estudiadas ha resultado moderada.
4. El tiempo medio de emergencia de plántulas en su propio medio natural resulta similar en los niveles analizados, únicamente en cuatro especies ha resultado más lento en profundidad (*Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Euphorbia paralias*) mostrando así mayor dificultad de emergencia. En la mayoría de las especies el t_m es lento o muy lento, por lo que su emergencia se distribuye en otoño, invierno, o incluso en primavera tras el periodo frío de invierno, y solamente en una decena la emergencia es rápida o muy rápida y su emergencia se produce ya en otoño o principios del invierno.
5. En cuanto a la idoneidad para restauración de las especies estudiadas, considerando tanto el nivel como el tiempo medio de emergencia, destacan por su rapidez entre las de nivel de emergencia elevado en superficie, *Iberis procumbens* y *Malcolmia littorea*, entre las de nivel bajo *Armeria pubigera* y *Helichrysum picardii* en superficie y *Petrorhagia nanteuillii*, *Cistus salviifolius* y *Medicago marina* tanto en superficie como en profundidad y entre las de nivel muy bajo, *Artemisa crithmifolia* y *Cakile*

marítima, en superficie; todas ellas resultan adecuadas para una rápida restauración mediante siembra directa, que puede ser complementada con aquellas cuya emergencia es lenta o muy lenta, *Seseli tortuosum* y *Elymus farctus* en superficie y profundidad, entre las de nivel de emergencia elevado; *Linaria polygalifolia* y *Polygonum maritimum* en superficie, *Eryngium maritimum* en profundidad, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, y *Pancreatum maritimum*, en ambos niveles entre las de emergencia baja, así como las restantes siete especies con emergencia muy baja.



4.5. BIBLIOGRAFÍA

- BAKER, K.; STEADMAN, K.; PLUMMER, J.; MERRITT, D.; DIXON, K. (2005). Dormancy release in Australian fire ephemeral seeds during burial increases germination response to smoke water or heat. *Seed Science Research*, 15(4): 339-348.
- BAKKER, J. P.; POSCHLOD, P.; STRYKSTRA, R. J.; BEKKER, R. M.; THOMPSON, K. (1996). Seed banks and seed dispersal: Important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica*, 45(4): 461-490.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (1998). *Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. San Diego.
- BENVENUTI, S., MACCHIA, M.; MIELE, S. (2001). Light, temperature and burial depth effects on *Rumex obtusifolius* seed germination and emergence. *Weed Research*, 41(2): 177-186.
- BOSSUYT, B.; HERMY, M. (2003). The potential of soil seedbanks in the ecological restoration of grassland and heathland communities. *Belgian Journal Botany*, 136(1): 23-34.
- BOSSUYT, B.; HONNAY, O. (2008). Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science*. 19(6): 875-884.
- BUHK, C.; HENSEN, I. (2008). Seed longevity of eight species common during early postfire regeneration in south-eastern Spain: A 3-year burial experiment. *Plant Species Biology*, 23(1): 18-24.
- CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. (2009). Germination, emergence, and dormancy of *Mimosa pudica*. *Weed Biology and Management*, 9(1): 38-45.
- CHEN, H.; MAUN, M. A. (1999). Effects of sand burial depth on seed germination and seedling emergence of *Cirsium pitcheri*. *Plant Ecology*, 140(1): 53-60.
- DÍAZ-VIZCAINO, E. A.; CORNIDE, T.; IGLESIA, A. (2010). Short-term storage and germinative response to fire (temperature and smoke) in Ericaceae species characteristic of heathlands in NW of the Iberian peninsula. In: VIEGAS, D. X. (Ed.) cd proceedings of the VI International Conference on Forest Fire Research. Coimbra (Portugal). 12pp.
- ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. (1980). Towards a rational basis for testing seed quality. In: HEBBLETHWAITE, P. D. (Ed.). *Seed Production*. Butterworths, London. pp. 605-635.
- FENNER, M. (1987). Seedlings. *New Phytologist*, 106 (Suppl.): 35-47.
- FENNER, M.; KITAJIMA, K. (1999). Seed and seedling ecology. In: PUGNAIRE, F. I.; VALLADARES, F. (Eds.). *Handbook of Functional Plant Ecology*. Marcel Dekker, New York. pp 598-621.

- GANN, G. D.; LAMB, D. (Eds.), (2006). *Ecological Restoration: A Mean of Conserving Biodiversity and Sustaining Livelihoods*. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona (USA and IUCN, Gland, Switzerland).
- GARCÍA MORA, M. R.; GALLEGO FERNÁNDEZ, J. B.; GARCÍA NOVO, F. (2000). Plant diversity as a suitable tool for coastal dune vulnerability assessment monitoring. *Journal of Coastal Research*, 16(4): 990-995.
- GUILLEMIN, J. P.; CHAUVEL, B. (2011) Effects of the seed weight and burial depth on the seed behavior of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). *Weed Biology and Management*, 11(4): 217–223
- GUTTERMAN, Y. (1993). *Seed Germination in Desert Plants*. Springer-Verlag, Berlin.
- HARPER, J. L. (1977). *Population biology of plants*. Academic Press. New York.
- HUANG, Z. Y.; GUTTERMAN, Y.; HU, Z. H.; ZHANG, X. S. (2001). Seed germination in *Artemisia sphaerocephala* II. The influence of environmental factors. *Acta Phytocologica Sinica*, 25: 240–246.
- LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (2008). *Seedling ecology and evolution*. Cambridge University Press. Cambridge.
- LEY VEGA DE SEOANE, C; GALLEGO-FERNÁNDEZ J. B.; VIDAL-PASCUAL, C. (2007). *Manual de restauración de dunas costeras*. Dirección General de Costas. Ministerio del Medio Ambiente, Dirección General de Costas.
- LITHGOW, D.; MARTÍNEZ, M. L.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J. B.; HESP, P.; FLORES, S.; GACHUZ, S.; RODRÍGUEZ-REVELO, O.; JIMÉNEZ-OROCIO, G.; MENDOZA-GONZÁLEZ, G.; ÁLVAREZ-MOLINA, L.L. (2013). Linking restoration ecology with coastal dune restoration. *Geomorphology*, 199(1): 214–224
- MAHER, J.; GERASOPOULOS, D.; MALOUPA, E. (2000). Temperature and light effects on germination of *Lavandula stoechas* seeds. *Acta Horticulturae*, 541: 261-264.R
- MARTÍNEZ, M.L.; VALVERDE, T.; MORENO-CASASOLA, P. (1992). Germination response to temperature, salinity, light and depth of sowing in ten tropical dune species. *Oecologia*, 92(3): 343–353.
- MARTÍNEZ, M.L.; MORENO-CASASOLA, P.; VÁZQUEZ, P. (1997). Effects of disturbance by sand movement and inundation by water on tropical dune vegetation dynamics. *Canadian Journal of Botany*, 75: 2005- 2014.
- MARTÍNEZ, M.L.; MAUN, M. A. (1999). Responses of dune mosses to experimental burial by sand under natural and greenhouse conditions. *Plant Ecology*, 145(2): 209-219.

- MARTÍNEZ, M.L.; VÁZQUEZ, G.; COLÓN, S. S. (2001) Spatial and temporal variability during primary succession on tropical coastal sand dunes. *Journal Vegetation Science*, 12(3): 361–372.
- MARTÍNEZ, M.L.; VÁZQUEZ, G.; WHITE, D.A.; THIVET, G.; BRENGUES, M. (2002). Effects of burial by sand and inundation by freshand seawater on seed germination of five tropical beach species. *Canadian Journal of Botany*, 80(4): 416–424.
- MARTÍNEZ, M.L.; HESP, P. A.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J. B. (2013). Coastal dunes: human impact and need for restoration. In: MARTÍNEZ, M.L.; HESP, P. A.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J. B. (Eds.), *Coastal Dune Restoration*. Springer Verlag, Germany, pp. 1–14.
- MASON, R. L.; GUNST, R. F.; HESS, J. L. (1989). *Statistical Design and Analysis of Experiments*. Wiley & Sons. New York.
- MAUN, A.M.; RIACH, S. (1981). Morphology of caryopses, seedlings and seedling emergence of the grass *Calamovilfa longifolia* from various depths of sand. *Oecologia*, 49(1): 137–142.
- MAUN, M. A.; LAPIERRE, J. (1986). Effects of burial by sand on seed germination and seedling emergence of four dune species. *American Journal of Botany*, 73(3): 450-455.
- MAUN, M. A. (1994). Adaptations enhancing survival and establishment of seedlings on coastal dune systems. *Vegetatio*, 111(1): 59-70.
- MAUN, M. A. (1998). Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian Journal of Botany*, 76(5): 713-738.
- MAUN, M. A.; PERUMAL, J. (1999) Zonation of vegetation on lacustrine coastal dunes: effects of burial by sand. *Ecology Letters*, 2(1):14–18.
- MAUN, M. A. (2009). *The biology of coastal sand dunes*. Oxford University Press. Oxford.
- NANDULA, V.; EUBANK, T; POSTON, D.; KOGER, C.; REDDY, K. (2006). Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadiensis*). *Weed Science*, 54: 898–902.
- NARBONA, E.; ARISTA, M.; ORTIZ, P. (2007). High temperature and burial inhibit seed germination of two perennial Mediterranean *Euphorbia* species. *Botanica Helvetica*, 117(2): 169 – 180.
- QU, X.; HUANG, Z.; BASKIN, J.; BASKIN, C. (2008). Effect of Temperature, Light and Salinity on Seed Germination and Radicle Growth of the Geographically Widespread Halophyte Shrub *Halocnemum strobilaceum*. *Annals of Botany*, 101(2): 293–299.
- PADILLA, F. M.; PUGNAIRE, F. I. (2007). Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. *Functional Ecology*, 21(3): 489-495.

- PARDO, A.; RUÍZ, M. A. (2001). SPSS 10.0. *Guía para el análisis de datos*. Universidad Autónoma de Madrid.
- PÄRTEL, M.; KALAMEES, R.; ZOBEL, M.; ROSÉN, E. (1998). Restoration of species rich-limestone grassland communities from overgrown land: the importance of propagule availability. *Ecological Engineering*, 10(3): 275-286.
- PEÑA, D. (2002). *Regresión y diseño de experimentos*. Alianza Editorial. Madrid.
- PLASSMANN, K.; BROWN, N.; JONES, L.M.; EDWARDS-JONES, G. (2009). Can soil seed banks contribute to the restoration of dune slacks under conservation management? *Applied Vegetation Science*, 12(2): 199–210.
- REN, J.; TAO, L.; LIU, X. M. (2002). Effect of sand burial depth on seed germination and seedling emergence of *Calligonum* L. species. *Journal of Arid Environments*, 51: 603–611.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. (1979). *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Editorial Blume. Madrid.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K. (1989). Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* ssp. *creticus* (L.) Heywood and *C. salvifolius* L. *Plant, Cell and Environment*. 11(9): 841-849.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; DOUMA, D. J.; MARANGAKI, C. (1991). Photo inhibition of Seed Germination in Mediterranean Maritime Plants. *Annals of Botany*, 68(5): 469-475.
- THANOS, C. A.; GEORGHIOU, K.; DELIPETROU, P. (1994). Photoinhibition of seed germination in the maritime plant *Matthiola tricuspidata*. *Annals of Botany*, 81: 61-73.
- THOMSON, A.; EL-KASSABY, Y.A. (1993). Interpretation of seeds germination parameters. *New Forest*, 7(2): 123-132.
- TOMPSETT, P. B.; PRITCHARD, H. W. (1998). The effect of chilling and moisture status on the germination, dessication tolerance and longevity of *Aeusculus hippocastanus* L. seed. *Annals of Botany*, 82: 249-261.
- VAN DER VALK, A. G. (1974). Environmental factors controlling the distribution of forbs on coastal foredunes in Cape Hatteras National Seashore. *Canadian Journal of Botany*, 52(5): 1057–1073.
- ZHANG, J.; MAUN, M.A. (1993). Components of seed mass and their relationship to seedling size in *Calamovilfa longifolia*. *Canadian Journal of Botany*, 71(4): 551–557.
- ZHENG, M. Q.; ZHENG, Y. R.; ZHOU, G. S.; WU, Y. Z.; AN, P.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (2009). Effects of watering regime and depth of burial on seedling emergence of four dominant psammophytes in the Mu Us sandy land, Inner Mongolia, China, and relevance to revegetation of a desertified region. *Annals of Applied Biology*, 154(1): 87-96.



UNIVERSIDAD
SANTIAGO
COMPOSTELA

SÍNTESIS Y CONCLUSIONES GENERALES



En el presente estudio se ha analizado la germinación de especies características de hábitats costeros de litoral atlántico.

El estudio de la función que desempeña la luz en la germinación de las veintisiete especies características de estos tipos de hábitats (**Capítulo I**) muestra que en nueve de ellas (*Armeria pubigera*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Linaria polygalifolia*, *Malcolmia littorea*, *Otanthus maritimus*, *Pancratium maritimum*, *Scrophularia frutescens* y *Seseli tortuosum*) la germinación en oscuridad es mayor que en luz, mientras que en tres (*Artemisia crithmifolia*, *Panicum repens* y *Polygonum maritimum*) al contrario, la germinación en condiciones de luz es mayor que en oscuridad, en otras siete (*Arctotheca calendula*, *Cakile maritima*, *Cistus salviifolius*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Petrorhagia nanteuilii* y *Silene uniflora*) la germinación es similar en ambas condiciones y en ocho (*Corema album*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens* y *Scolymus hispanicus*), con germinación muy baja o nula, este aspecto no ha quedado establecido. De esta forma se constata una confluencia de estrategias, bien de inhibición total de la germinación en presencia de luz, o bien de inhibición parcial en presencia de luz o en ausencia de la misma, así como de una estrategia no preventiva de la germinación con la ausencia de cualquier mecanismo de inhibición tanto en condiciones de luz como de oscuridad, bien representada en las anuales.

Los niveles de germinación, analizados también en el **Capítulo 1**, son muy variables, ya que en casi la mitad de las especies analizadas, en las condiciones de su propio medio, son muy elevados o elevados, bien en luz, o en oscuridad o en ambas condiciones (*Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Pancratium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum*, *Seseli tortuosum*, *Silene uniflora*); mientras que la otra mitad (*Armeria pubigera*, *Cistus salviifolius*, *Crithmum maritimum*, *Corema album*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Otanthus maritimus*, *Panicum repens*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*) presentan niveles medios, bajos, muy bajos o incluso nulos en dichas condiciones. Nuestra propuesta es que las primeras presentan una mayoría de sus semillas no durmientes en dichas condiciones, que por lo tanto no contribuirán a la formación de bancos de semillas en el suelo, o lo harán en muy baja proporción; mientras que las del segundo grupo pueden presentar una mayor o menor proporción de semillas durmientes, que se pueden almacenar durante más o menos tiempo en un banco de semillas en el suelo.

El estudio de la variación interanual de la respuesta germinativa muestra que en la mitad de las especies su comportamiento germinativo, en relación con el nivel de germinación obtenido inicialmente, es una característica constante (homogéneo) y estable de las mismas, con escasa variación, tanto en las del grupo que presentan germinación elevada (*Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Pancratium maritimum*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Silene uniflora*), como en el de las que la presentan media, baja o incluso nula (*Armeria pubigera*, *Corema album*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*); mientras que la otra mitad (*Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Polygonum maritimum*, *Elymus farctus*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea* y *Seseli tortuosum*, así como *Cistus salviifolius*,

Crithmum maritimum, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Panicum repens* y *Scrophularia frutescens*) presentan una respuesta heterogénea, representada también en todos los niveles de germinación establecidos, en cuyo caso su posible almacenamiento en un banco de semillas en el suelo también podría variar. Este aspecto de la germinación resulta de interés para obtener una adecuada caracterización de la misma, especialmente en las condiciones del propio medio natural, como es nuestro caso, puesto que tanto pueden reflejar una adaptación local relacionada con variaciones de los factores ambientales, como representar una estrategia germinativa reguladora de la densidad de la población. En nuestro caso las dos estrategias de germinación en relación con la variabilidad interanual (homogénea/heterogénea) están nuevamente bien representadas, especialmente entre las especies perennes, puesto que en las anuales estudiadas únicamente se ha encontrado la primera de ellas, mostrando así la ausencia de una estrategia específica germinativa predominante en este aspecto en la flora de arenas atlánticos costeros estudiada.

Con el almacenamiento a corto plazo, nuevamente algo más de la mitad de las especies modifican su respuesta germinativa, incrementándose su nivel en seis de ellas (*Cistus salviifolius*, *Elymus farctus*, *Iberis procumbens*, *Malcomia littorea*, *Pancreatum maritimum*, *Panicum repens*), la mayoría con nivel de germinación bajo, muy bajo o nulo, y disminuyendo en nueve (*Armeria pubigera*, *Artemisia crithmifolia*, *Helichrysum picardii*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Polygonum maritimum*, *Scrophularia frutescens*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*), la mayoría con nivel de germinación elevado o muy elevado; mientras que las restantes no la modifican, la mayoría con germinación muy baja o nula. Estas variaciones, especialmente los incrementos, están relacionadas con cambios en la dormición, sobre todo si es fisiológica no profunda, bien representada en halófitos, que en el medio natural pueden producirse tras un menor o mayor periodo de almacenamiento en el suelo; mientras que cuando el nivel de germinación se reduce, además de la posible modificación del estado de dormición no se debe descartar la disminución de la viabilidad de las semillas.

De igual modo ocurre con el tiempo medio de germinación; aunque en la mayoría de las especies refleja un proceso rápido o muy rápido, se observan variaciones de rango menor en el mismo, tanto entre fotoperiodo y oscuridad, como en años diferentes o tras almacenamiento a corto plazo. En base a estos resultados, la gran variabilidad en las estrategias de las especies de flora estudiadas, se traduce en que no existe una única estrategia específica germinativa predominante en la flora de litoral, como también se ha puesto de manifiesto en otros hábitats extremos.

El estudio de la dormición de las semillas de las dieciséis especies con niveles iniciales de germinación medios, bajos, muy bajos o incluso nulos, particularmente sobre la representación de la dormición fisiológica en la flora analizada, y consiguientemente de las técnicas que pueden incrementar dichos niveles se ha planteado en el **Capítulo II**, resultando que desde el punto de vista taxonómico (Familia) se observa concordancia con los estudios que indican que la dormición fisiológica, especialmente la no profunda, está bien representada en la flora de litoral atlántico analizada. Se ha concretado el tipo de dormición en la mayoría de las especies estudiadas, siendo la dormición fisiológica no profunda la más predominante, presentándose en al menos siete de las especies estudiadas (*Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia* y *Scrophularia frutescens*); en todas ellas este tipo de dormición facilita la sincronización en la

germinación con los periodos de precipitación en las condiciones atlánticas, favorables además para la supervivencia de plántulas. Además, el tipo de dormición debe ser aclarado con la realización de más ensayos en otras dos especies como *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*, que también podrían presentar una dormición fisiológica no profunda.

Por otro lado, se ha concretado que *Euphorbia paralias* podría presentar una dormición fisiológica intermedia y *Eryngium maritimum* una dormición fisiológica profunda. Otras aportaciones son la determinación de un componente de dormición morfofisiológica de algunas de estas especies (*Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Glaucium flavum* y *Iberis procumbens*) que también debe ser aclarado con la realización de más ensayos. Así como una probable dormición física en *Cistus salviifolius* y *Corema album*.

Además, teniendo en cuenta que los requerimientos para la germinación de semillas de plantas de litoral se pueden modificar con el almacenamiento, hemos puesto de manifiesto la existencia de pretratamientos apropiados para estimular la germinación (nivel y tiempo medio) de las semillas recién producidas de la mayoría de las especies estudiadas, desde la perspectiva de la eficiente obtención de plantas en proyectos de restauración en su propio medio natural. Con dichos pretratamientos hemos obtenido niveles muy elevados o elevados de germinación en cinco de las especies estudiadas (*Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum* (semillas no escarificadas y escarificadas), *Glaucium flavum*, *Iberis procumbens* y *Scrophularia frutescens*), medios en cuatro (*Cistus salviifolius*, *Euphorbia paralias*, *Linaria polygalifolia* y *Polygonum maritimum*), bajos en cuatro (*Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum*, *Otanthus maritimus* y *Scolymus hispanicus*), manteniéndose sin variar en las tres restantes. No obstante, consideramos que se precisa la realización de nuevos estudios a nivel específico complementarios de este preliminar, combinando los pretratamientos, con otros factores como la temperatura, que permitan conocer con más detalle el tipo de dormición.

Otro aspecto a considerar es que la germinación en el caso de las plantas halófilas va estar condicionado por su mayor o menor adaptación a la concentración de sal en el suelo, de lo que resultará su mayor o menor abundancia en dicho medio, de modo que la respuesta germinativa en condiciones de estrés salino es determinante para el éxito de muchas poblaciones de plantas características de estos ambientes, aspecto que se aborda en el **Capítulo III**, tratando de analizar el efecto de la salinidad sobre la germinación de las semillas de las plantas de arenas atlánticos costeros en las condiciones de su propio medio, así como estudiar su capacidad de recuperación una vez cesan las condiciones de salinidad, contribuyendo así al conocimiento de los halófitos en general. El estudio de dicho efecto sobre doce especies con elevado nivel y germinación rápida muestra que las mejores condiciones para su germinación se corresponden con la ausencia de sal, y que tanto el nivel como el ritmo de germinación resultan disminuidos gradualmente por su presencia en el medio, presentando diferentes límites de tolerancia a la salinidad. Entre todas ellas, solamente una, *Cakile maritima*, mantiene cierto nivel de germinación con elevada salinidad, en la que la mayoría no germina; lo que sugiere que las especies características de este tipo de hábitats pueden ser menos tolerantes a la salinidad que las de otros, como marismas, o desiertos salinos, en los que el nivel de tolerancia puede ser mucho más elevado. Las semillas de todas las especies estudiadas que no han germinado con la salinidad recuperan en mayor o menor medida la germinación, lo que indica que su inhibición con la salinidad es de naturaleza reversible; no obstante la salinidad merma la capacidad de recuperación de las semillas puesto que solamente *Helichrysum picardii* y *Oenothera glazioviana* (a baja y moderada

concentración) y *Medicago marina* y *Seseli tortuosum* (a baja concentración), logran recuperar niveles de germinación similares al control, y en ninguna se superan dichos niveles.

Esta capacidad de germinación de semillas recuperadas tras su exposición a la sal, indica que pueden permanecer en el banco de semillas del suelo hasta que sea diluida progresivamente, lo que podría ocurrir con las lluvias en otoño, invierno y primavera, por lo que la variación estacional de los niveles de salinidad condicionaría el establecimiento de las poblaciones de estas especies; siendo el verano un periodo limitante para la germinación por el aumento de la concentración de sal en el suelo. De esta forma se contribuye a la teoría general de la respuesta germinativa de halófitos, verificando sus características de tolerancia y recuperación, tanto en cuanto al nivel como al ritmo, así como la hipótesis de que el grado de exposición a la salinidad en su hábitat puede estar relacionado con los niveles de tolerancia de la misma; caracterizando los tipos de baja tolerancia a la salinidad, representado en la mitad de las especies estudiadas (*Artemisia crithmifolia*, *Malcolmia littorea*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Polygonum maritimum*, *Seseli tortuosum* y *Silene uniflora*), tolerancia intermedia, con una sola especie (*Helichrysum picardii*), y tolerancia elevada con casi la otra mitad (*Cakile maritima*, *Elymus farctus*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana* y *Pancratium maritimum*).

Finalmente, teniendo en cuenta que los arenales costeros son hábitats muy variables por su sustrato movedizo, que facilita el enterramiento en arena, con zonas libres de vegetación y muy poca o nula materia orgánica, condiciones que dificultan el desarrollo de plántulas tras la germinación y a las que hay que añadir el viento y la acción de las olas; condiciones todas ellas que contribuyen a la dureza e incertidumbre de la germinación, emergencia y establecimiento de plantas, y que el desarrollo desde semilla a plántula es la etapa de mayor riesgo en el ciclo de la mayoría de las plantas puesto que las semillas poseen una elevada resistencia al estrés ambiental, mientras que las plántulas son mucho más susceptibles a los factores ambientales. En el **Capítulo IV** se ha analizado si las semillas de las plantas más características de arenales costeros presentan tolerancia al enterramiento ocasionado por el movimiento de arena, tratando de determinar su nivel y ritmo de emergencia desde diferentes niveles de profundidad en su propio medio natural, de lo que además se deriva su idoneidad para revegetación.

El nivel de emergencia de plántulas de las veintisiete especies estudiadas fue muy bajo o bajo en la mayoría de ellas, inferiores a los que cabría esperar en vista de los resultados de germinación obtenidos previamente. El análisis de dicha emergencia en profundidad (dos niveles) muestra que entre las especies objeto de estudio, dieciséis, presentan una emergencia similar tanto en superficie como en profundidad (*Arctotheca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Crithmum maritimum*, *Cistus salviifolius*, *Daphne gnidium*, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, *Medicago marina*, *Oenothera glazioviana*, *Otanthus maritimus*, *Pancratium maritimum*, *Panicum repens*, *Petrorhagia nanteuilii*, *Scolymus hispanicus* y *Scrophularia frutescens*), seis mayor en superficie (*Armeria pubigera*, *Helichrysum picardii*, *Iberis procumbens*, *Linaria polygalifolia*, *Malcolmia littorea* y *Polygonum maritimum*), tres mayor en profundidad (*Elymus farctus*, *Eryngium maritimum* y *Seseli tortuosum*) y en dos no se han producido emergencias (*Silene uniflora* y *Corema album*). A pesar de que únicamente se han estudiado dos niveles de profundidad, se han verificado patrones generales de emergencia de plántulas en relación con la profundidad, puesto que las seis especies que muestran mayor variación en la emergencia presentan

semillas pequeñas o muy pequeñas, entre ellas *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea* y *Linaria polygalifolia* presentan las más pequeñas de las especies estudiadas, lo que es acorde con la teoría de que la habilidad de las plántulas para emerger desde diferentes niveles de profundidad está relacionada con su peso, de modo que las semillas más grandes y pesadas presentan más reservas energéticas y por lo tanto plántulas más vigorosas que las de las semillas más pequeñas. Además, la mayor emergencia en profundidad de plántulas de tres especies (*Elymus farctus*, *Eryngium maritimum*, *Seseli tortuosum*) está relacionada con el mayor tamaño de sus semillas, que se encuentran en un mayor nivel de humedad a su alrededor, previniendo así su secado y el de las plántulas.

El tiempo medio de emergencia en estas especies permite diferenciar entre las especies germinadoras rápidas, de otoño-invierno, la mayoría de ellas, y germinadoras tardía, de primavera, en concordancia con sus requerimientos de un menor o mayor periodo de frío para que dicho proceso tenga lugar. Esta variable se corresponde mejor con la dormición propuesta para algunas especies, puesto que entre las especies estudiadas en este aspecto para las que nuestra propuesta fue la de que presentaban dormición fisiológica no profunda, *Armeria pubigera*, *Crithmum maritimum*, *Glaucium flavum*, *Linaria polygalifolia*, *Daphne gnidium* y *Scrophularia frutescens* se encuentran entre las que presentan un t_m de emergencia más largo (2-3 o incluso 4 meses), bien en superficie o en profundidad, como también es el caso de *Euphorbia paralias*, con dormición fisiológica intermedia y t_m próximo a 4 meses y *Eryngium maritimum* con dormición fisiológica profunda, con t_m también en torno a 4 meses. Y además, especies en las que nuestra propuesta fue de que no presentaban inicialmente dormición (*Arthoteca calendula*, *Artemisia crithmifolia*, *Cakile maritima*, *Daphne gnidium*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Panicum repens* y *Petrorhagia nanteuillii*), presentan una emergencia muy rápida o rápida.

Estos resultados indican, en cuanto a la idoneidad para restauración de las especies estudiadas, considerando tanto el nivel como el tiempo medio de emergencia, que destacan por su rapidez entre las de nivel de emergencia elevado en superficie, *Iberis procumbens* y *Malcolmia littorea*, entre las de nivel bajo *Armeria pubigera* y *Helichrysum picardii* en superficie y *Petrorhagia nanteuillii*, *Cistus salviifolius* y *Medicago marina* tanto en superficie como en profundidad y entre las de nivel muy bajo, *Artemisia crithmifolia* y *Cakile maritima*, en superficie; todas ellas resultan adecuadas para una rápida restauración mediante siembra directa, que puede ser complementada con aquellas cuya emergencia es lenta o muy lenta, *Seseli tortuosum* y *Elymus farctus* en superficie y profundidad, entre las de nivel de emergencia elevado; *Linaria polygalifolia* y *Polygonum maritimum* en superficie, *Eryngium maritimum* en profundidad, *Euphorbia paralias*, *Glaucium flavum*, y *Pancreatium maritimum*, en ambos niveles entre las de emergencia baja, así como las restantes siete especies estudiadas con emergencia muy baja.

Todos estos resultados que se han presentado de forma sintetizada, permiten obtener las siguientes conclusiones generales:

1. En la flora de litoral atlántico analizada están representados tanto el mecanismo preventivo de establecimiento de nuevas plantas en condiciones de máxima luminosidad como el que lo favorece evitando la competencia tanto con nuevas plántulas como con la vegetación existente; y además se ha detectado una estrategia no preventiva de la germinación en especies anuales así como la prevención total de

la misma (dormición). Esta confluencia de estrategias en relación con la luz, también se produce en relación con el nivel de germinación, muy variable, por lo que diferentes niveles de dormición o incluso ausencia de dormición pueden ser característicos de la flora estudiada; así como en su variación interanual, pudiendo ser homogéneo o heterogéneo, y en su variación con el almacenamiento a corto plazo, igualmente representados.

2. La dormición fisiológica, especialmente la no profunda (según Baskin & Baskin, 2004 a,b), está bien representada en la mayoría de la flora de litoral atlántico estudiada, contribuyendo a facilitar la sincronización de la germinación con los periodos de precipitación en las condiciones atlánticas favorables también para la supervivencia de plántulas; mientras que la dormición fisiológica intermedia, y la dormición fisiológica profunda, lo están también por una sola especie. Además, la dormición física, está representada en cuatro de las especies estudiadas y puesto que en ninguna de ellas su ruptura produce un incremento de la germinación hasta niveles muy elevados o elevados, podría presentarse combinada con algún tipo de dormición fisiológica. Los tratamientos estudiados resultan apropiados para estimular la germinación (nivel y ritmo) de la mayoría de las especies estudiadas, desde la perspectiva de la eficiente obtención de planta en proyectos de restauración en su propio medio natural ya que con dichos pretratamientos se consigue incrementar hasta niveles muy elevados o elevados y acelerar la germinación en cinco de las especies estudiadas medios en cuatro y bajos en otras cuatro, manteniéndose sin variar en las tres restantes, y además en casi todas ellas el ritmo de germinación se acelera con el tratamiento más apropiado.
3. Las semillas de las especies estudiadas presentan diferentes límites específicos de tolerancia a la salinidad, y en todas ellas, el nivel de germinación sigue una tendencia de disminución con su incremento. Esta inhibición de la germinación es reversible puesto que las semillas que no germinan en condiciones de salinidad, recuperan en mayor o menor medida la germinación cuando se alivia dicha condición. Esta respuesta permite identificar tres tipos de tolerancia a la salinidad: baja tolerancia y elevada tolerancia, representados casi por igual y tolerancia intermedia, muy escaso; sin que en ninguna de las especies estudiadas se hayan producido niveles de recuperación superiores a los correspondientes a la ausencia de salinidad.
4. Los niveles de emergencia de plántulas en su propio medio natural de la mayoría de las especies estudiadas son bajos o muy bajos, La mayoría de ellas presentan tolerancia al enterramiento en arena, puesto que, aunque los niveles de emergencia son más elevados en superficie que en profundidad su variación es pequeña en los niveles analizados. Las especies que muestran mayor disminución en la emergencia en profundidad presentan semillas pequeñas o muy pequeñas, entre ellas las que presentan las más pequeñas entre las estudiadas, lo que es acorde con la teoría que relaciona emergencia desde diferentes niveles de profundidad con su peso. Considerando tanto el nivel como el tiempo medio de emergencia, cerca de una decena de ellas pueden ser adecuadas para una restauración rápida mediante siembra directa y otras tantas lo pueden ser para una restauración complementaria, más lenta.



ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS



1. CAPÍTULO I. Germinación de flora de litoral.	
Efecto de la luz, variación interanual y almacenamiento a corto plazo	19
• Tabla 1.1. Contribución de las especies estudiadas en las comunidades de litoral descritas en Galicia	24
• Tabla 1.2. Características principales de las especies estudiadas	25
• Figura 1.1. Localidades de recolección de semillas de las especies estudiadas	27
• Figura 1.2. Temperatura media diaria registrada en el Parque Natural de Corrubedo (A Coruña)	28
• Figura 1.3. Semillas germinadas con emergencia de la radícula de algunas de las especies estudiadas	29
• Figura 1.4. Morfología de las semillas de las especies estudiadas	31
• Figura 1.5. Dinámica de la germinación en fotoperiodo y oscuridad	34
2. CAPÍTULO II. Efecto de la estratificación fría, giberelinas y escarificación en la germinación de flora de litoral	65
• Tabla 2.1. Tipos, clases, niveles, causas y modos de ruptura de la dormición de la semilla	68
• Tabla 2.2. Características de la dormición en semillas con dormición fisiológica profunda, intermedia y no profunda	71
• Figuras 2.1. Temperatura media semanal y mensual registrada en el Parque Natural de Corrubedo (A Coruña) durante los años de realización de tratamientos y años anteriores	74
• Figura 2.2. Efecto de la estratificación en frío en la germinación	80
• Figura 2.3. Efecto de la estratificación en frío y escarificación manual con estratificación en frío	84
• Figura 2.4. Efecto de GA ₃ en la germinación	86
• Figura 2.5. Efecto de la escarificación en la germinación	87
3. CAPÍTULO III. Efecto de la salinidad en la germinación de flora de litoral	125
• Tabla 3.1. Valores medios de los porcentajes y del tiempo medio de germinación bajo diferentes concentraciones salinas	136
• Figura 3.1. Temperatura registrada en el Parque Natural de Corrubedo (A Coruña) durante la realización de los ensayos de salinidad	130
• Figura 3.2. Dinámica de la germinación bajo diferentes concentraciones salinas y posterior transferencia a agua destilada	134
• Figura 3.3. Efecto de la concentración de NaCl en la germinación	144

4. CAPÍTULO IV. Emergencia de plántulas de flora de litoral en campo 159

- **Tabla 4.1.** Valores medios de los porcentajes de emergencia e índice de tolerancia (IT) para cada especie y profundidad de enterramiento 176
- **Figura 4.1.** Bandeja de alvéolos con semillas 164
- **Figura 4.2.** Temperatura registrada en el Parque Natural de Corrubedo (A Coruña) durante la realización de los ensayos de emergencia de plántulas 165
- **Figura 4.3.** Precipitación (L/m^2) registrada en el Parque Natural de Corrubedo (A Coruña) 165
- **Figura 4.4.** Plántulas de algunas de las especies estudiadas 166
- **Figura 4.5.** Dinámica de la emergencia de plántulas 169
- **Figura 4.6.** Relación entre el nivel de emergencia masa de la semilla 177





ANEXO ESTADÍSTICO



ÍNDICE DE TABLAS

1. CAPÍTULO I. Germinación de flora de litoral.

Efecto de la luz, variación interanual y almacenamiento a corto plazo

• Tabla 1.1. Anova nivel de germinación interanual	3
• Tabla 1.2. Anova tiempo medio de germinación interanual(DMS-GH)	9
• Tabla 1.3. Prueba T tiempo medio de germinación interanual	14
• Tabla 1.4. Ritmo de germinación	15
• Tabla 1.5. Anova nivel de germinación almacenamiento a corto plazo	21
• Tabla 1.6. Prueba T de tiempo medio de germinación almacenamiento a corto plazo	24

CAPÍTULO 2. Efecto de la estratificación fría, giberelinas y escarificación en la germinación de flora de litoral.

• Tabla 2.1. Anova nivel de germinación estratificación fría semanas	29
• Tabla 2.2. Anova dos factores estratificación en frío	35
• Tabla 2.3. Anova dos factores estratificación fría y fotoperiodo/oscuridad	36
• Tabla 2.4. Anova nivel de germinación escarificación manual	37
• Tabla 2.5. Anova nivel de germinación escarificación ácida	39
• Tabla 2.6. Anova nivel de germinación giberelinas	40
• Tabla 2.7. Anova tiempo medio estratificación fría	43
• Tabla 2.8. Anova de dos factores tiempo medio estratificación frío semillas escarificadas y no escarificadas	48
• Tabla 2.9. Prueba T escarificación manual	49
• Tabla 2.10. Anova tiempo medio giberelinas	51

CAPÍTULO 3. Efecto de la salinidad en la germinación de flora de litoral.

• Tabla 3.1. Anova nivel de germinación en salinidad (GS)	55
• Tabla 3.2. Anova nivel de germinación semillas recuperadas (GR)	58
• Tabla 3.3. Anova nivel de germinación final tras salinidad y recuperación (GF)	60
• Tabla 3.4. Anova tiempo medio salinidad (DMS y GH)	63
• Tabla 3.5. Anova tiempo medio salinidad (prueba T)	65
• Tabla 3.6. Anova tiempo medio recuperadas (DMS y GH)	66
• Tabla 3.7. Anova tiempo medio recuperadas (prueba T)	68
• Tabla 3.8. Correlación entre germinación y concentración salina	68

CAPÍTULO 4. Emergencia de plántulas de flora de litoral en campo.

• Tabla 4.1. Anova nivel de emergencia en superficie y profundidad	71
• Tabla 4.2. Anova tiempo medio de emergencia en superficie y profundidad (prueba T)	74





ANEXO ESTADÍSTICO

Capítulo I



Tabla 1.1. Anova nivel de germinación interanual

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparaciones a posteriori				
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.		1	2	3	4
<i>Arctotheca calendula</i>	1. Control fotoperiodo 2009 (60 días)	4	44,00	8,49	29	23,44	<0,001	1	-	•	•	
	2. Control fotoperiodo 2009 (90 días)	4	70,00	8,72				2	•	-		
	3. Control oscuridad 2009	4	72,00	5,89				3	•		-	
<i>Armeria pubigera</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	30,00	0	310	13,30	0,004	1	-	•		
	2. Control oscuridad 2008	3	50,00	5,00				2	•	-	•	•
	3. Control fotoperiodo 2009	4	35,71	7,24				3		•	-	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	27,14	1,84				4		•		-
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	100	0	311	154,19	<0,001	1	-	•	•	•
	2. Control oscuridad 2008	4	42,14	9,36				2	•	-	•	•
	3. Control fotoperiodo 2009	4	90,00	3,40				3	•	•	-	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	82,85	5,83				4	•	•		-
<i>Cakile maritima</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	86,67	1,67	310	5,20	0,158	1	-			•
	2. Control oscuridad 2008	3	76,67	10,14				2		-		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	77,85	2,95				3			-	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	73,57	5,88				4	•			-
<i>Cistus salvifolius</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	10,71	3,57	312	71,16	<0,001	1	-		•	•
	2. Control oscuridad 2008	4	14,28	3,09				2		-	•	•
	3. Control fotoperiodo 2009	4	47,85	6,94				3	•	•	-	•
	4. Control fotoperiodo 2010	4	33,57	6,74				4	•	•	•	-

(Continúa)

<i>Corema album</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	3 11	0	1	1				
	2. Control fotoperiodo 2009	4	0	0				2				
	3. Control oscuridad 2009	3	0	0				3				
	4. Control fotoperiodo 2010	4	0	0				4				
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	3 12	114,55	<0,001	1	-	•	•	
	2. Control fotoperiodo 2009	4	19,28	4,72				2	•	-	•	•
	3. Control fotoperiodo 2010	4	32,14	3,38				3	•	•	-	•
	4. Control oscuridad 2010	4	0	0				4		•	•	-
<i>Daphne gnidium</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	3 12	0	1	1				
	2. Control fotoperiodo 2009	4	0	0				2				
	3. Control fotoperiodo 2010	4	0	0				3				
	4. Control oscuridad 2010	4	0	0				4				
<i>Elymus farctus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	25,00	8,84	3 11	108,72	<0,001	1	-	•	•	•
	2. Control oscuridad 2008	3	60,00	5,00				2	•	-	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	77,86	6,10				3	•	•	-	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	71,43	2,02				4	•			-
<i>Eryngium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	3 12	0	1	1				
	2. Control oscuridad 2008	4	0	0				2				
	3. Control fotoperiodo 2009	4	0	0				3				
	4. Control fotoperiodo 2010	4	0	0				4				
<i>Euphorbia paralias</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	3 11	5,37	0,146	1	-		•	
	2. Control fotoperiodo 2009	4	2,14	1,37				2		-		
	3. Control oscuridad 2009	3	5,55	1,11				3	•		-	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	1,43	0,82				4				-

<i>Glaucium flavum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	3 12	21,07	<0,001	1	-		•	•	
	2. Control oscuridad 2008	4	0	0				2		-	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	9,28	2,14				3	•	•	-		
	4. Control fotoperiodo 2010	4	6,42	1,80				4	•	•		-	
<i>Helichrysum picardii</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	38,57	7,42	4 15	77,35	<0,001	1	-	•		•	•
	2. Control oscuridad 2008	4	80,00	3,50				2	•	-	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	45,71	6,49				3		•	-	•	•
	4. Control fotoperiodo 2010	4	58,57	3,40				4	•	•	•	-	•
	5. Control oscuridad 2010	4	71,42	8,57				5	•		•	•	-
<i>Iberis procumbens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	3 12	204,37	<0,001	1	-		•	•	
	2. Control oscuridad 2008	4	0	0				2		-	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	47,85	5,52				3	•	•	-	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	31,42	7,56				4	•	•	•	-	
<i>Linaria polygalifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	3 12	33,22	<0,001	1	-	•	•	•	
	2. Control fotoperiodo 2009	4	8,57	2,02				2	•	-		•	
	3. Control fotoperiodo 2010	4	9,28	2,44				3	•		-	•	
	4. Control oscuridad 2010	4	17,14	2,33				4	•	•	•	-	
<i>Malcolmia littorea</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	34,28	16,37	4 15	200,08	<0,001	1	-	•	•	•	•
	2. Control oscuridad 2008	4	87,86	9,50				2	•	-	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	53,57	4,72				3	•	•	-	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	50,71	7,50				4	•	•		-	•
	5. Control oscuridad 2010	4	90,00	1,84				5	•		•	•	-

(Continúa)

<i>Medicago marina</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	89,28	1,37	3 12	62,27	<0,001	1	-		•	•	
	2. Control oscuridad 2008	4	82,14	3,17				2		-	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	51,42	4,21				3	•	•	-	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	67,85	6,21				4	•	•	•	-	
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	73,57	8,52	3 12	45,83	<0,001	1	-		•	•	
	2. Control oscuridad 2008	4	76,43	6,94				2		-	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	47,86	4,27				3	•	•	-		
	4. Control fotoperiodo 2010	4	50,71	2,14				4	•	•		-	
<i>Otanthus maritimus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0,00	0,00	3 12	62,02	<0,001	1	-	•			
	2. Control oscuridad 2008	4	21,42	4,29				2	•	-	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	0,71	0,71				3		•	-		
	4. Control fotoperiodo 2010	4	0	0				4		•		-	
<i>Pancreatium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	4 15	300,47	<0,001	1	-	•		•	•
	2. Control oscuridad 2008	4	67,14	3,78				2	•	-	•	•	•
	3. Control fotoperiodo 2009	4	1,43	0,82				3		•	-	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	5,71	2,02				4	•	•		-	•
	5. Control oscuridad 2010	4	26,42	3,93				5	•	•	•	•	-
<i>Panicum repens</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	16,43	3,17	3 12	96,27	<0,001	1	-	•	•	•	
	2. Control fotoperiodo 2010	4	5,71	2,02				2	•	-	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2011	4	35,71	2,97				3	•	•	-	•	
	4. Control oscuridad 2011	4	0	0				4	•	•	•	-	

(Continúa)

<i>Petrothagia nanteuillii</i>	1. Control fotoperiodo 2007	4	99,29	0,72	5 18	1,57	0,905	1	-					
	2. Control oscuridad 2007	4	100	0				2	-					
	3. Control fotoperiodo 2008	4	97,86	1,37				3		-				
	4. Control oscuridad 2008	4	100	0				4			-			
	5. Control fotoperiodo 2009	4	100	0				5				-		
	6. Control fotoperiodo 2010	4	99,29	0,72				6					-	
<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	95,00	2,95	3 12	467,04	<0,001	1	-	•	•	•		
	2. Control oscuridad 2008	4	0	0				2	•	-	•	•		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	52,85	11,81				3	•	•	-	•		
	4. Control fotoperiodo 2010	4	40,00	6,70				4	•	•	•	-		
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	1,43	0,82	3 11	10,54	0,015	1	-			•		
	2. Control fotoperiodo 2009	4	2,14	1,37				2		-		•		
	3. Control oscuridad 2009	3	3,33	1,92				3			-	•		
	4. Control fotoperiodo 2010	4	9,28	1,80				4	•	•	•	-		
<i>Scrophularia frutescens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	17,85	7,32	3 12	46,43	<0,001	1	-	•	•	•		
	2. Control oscuridad 2008	4	32,14	8,44				2	•	-		•		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	40,00	4,04				3	•		-			
	4. Control fotoperiodo 2010	4	51,42	4,21				4	•	•		-		
<i>Seseli tortuosum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	14,28	4,95	4 15	239,06	<0,001	1	-	•	•		•	
	2. Control oscuridad 2008	4	85,71	1,65				2	•	-	•	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	29,28	1,80				3	•	•	-	•	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	17,14	5,22				4		•	•	-	•	
	5. Control oscuridad 2010	4	40,71	3,76				5	•	•	•	•	-	

(Continúa)

<i>Silene uniflora</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	99,29	0,72	2 9	9,54	0,008	1	-	•		
	2. Control oscuridad 2008	4	91,43	3,50				2	•	-	•	
	3. Control fotoperiodo 2010	4	98,57	0,83				3	•	-		

Tabla 1.1. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre ensayos control fotoperiodo y control oscuridad a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: $p < 0,05$ según test DMS).



Tabla 1.2. Anova tiempo medio de germinación interanual (DMS-GH)

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas			ANOVA			Comparaciones a posteriori				
		N	Media	Error típico		gl	Levene	Sig.	gl	F	Sig.		1	2	3	4
<i>Armeria pubigera</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	22,11	1,32	R	3 10	0,268	0,847	3 10	22,33	<0,001	1	-	•	•	•
	2. Control oscuridad 2008	3	8,91	0,50	MR							2	•	-	•	•
	3. Control fotoperiodo 2009	4	14,13	1,10	MR							3	•	•	-	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	16,11	1,06	R							4	•	•		-
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	19,10	0,13	R	3 11	4,828	0,022	3 11	10,84	0,001	1	-		•	•
	2. Control oscuridad 2008	4	17,08	2,35	R							2		-		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	21,77	0,13	R							3	•		-	•
	4. Control fotoperiodo 2010	4	11,89	1,04	MR							4	•		•	-
<i>Cakile maritima</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	10,61	0,40	MR	3 10	2,754	0,098	3 10	57,55	<0,001	1	-	•	•	•
	2. Control oscuridad 2008	3	4,91	0,06	MR							2	•	-	•	•
	3. Control fotoperiodo 2009	4	23,32	0,91	R							3	•	•	-	•
	4. Control fotoperiodo 2010	4	16,82	2,06	R							4	•	•	•	-
<i>Cistus salvifolius</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	23,37	0,68	R	3 12	2,714	0,091	3 12	2,150	0,147	1	-		•	
	2. Control oscuridad 2008	4	22,00	1,64	R							2		-		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	18,78	0,58	R							3	•		-	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	21,84	2,12	R							4				-
<i>Corema album</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-								1				
	2. Control oscuridad 2009	-	-	-								2				
	3. Control oscuridad 2009	-	-	-								3				
	4. Control fotoperiodo 2010	-	-	-								4				

(Continúa)

<i>Daphne gniidum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-								1					
	2. Control fotoperiodo 2009	-	-	-								2					
	3. Control fotoperiodo 2010	-	-	-								3					
	4. Control oscuridad 2010	-	-	-								4					
<i>Elymus farctus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	17,96	1,06	R	3 11	0,489	0,697	3 11	17,88	<0,001	1	-	•		•	
	2. Control oscuridad 2008	3	12,25	1,04	R							2	•	-	•		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	19,51	1,21	R							3		•	-	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	11,97	0,38	MR							4	•		•	-	
<i>Eryngium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-								1	-				
	2. Control oscuridad 2008	-	-	-								2		-			
	3. Control fotoperiodo 2009	-	-	-								3			-		
	4. Control fotoperiodo 2010	-	-	-								4				-	
<i>Euphorbia paralias</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-								1	-	-	-	-	
	2. Control fotoperiodo 2009	4	46,75	6,25	L	2 4	1578,6	<0,0001	2 4	39,35	0,002	2	-	-	•	•	
	3. Control oscuridad 2009	3	24,33	0,16	R							3	-	•	-		
	4. Control fotoperiodo 2010	4	21,00	0	R							4	-	•		-	
<i>Helichrysum picardii</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	23,56	0,54	R	4 15	1,29	0,315	4 15	10,62	<0,001	1	-	•		•	
	2. Control oscuridad 2008	4	16,60	1,27	R							2	•	-	•		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	23,22	1,57	R							3		•	-	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	20,25	1,94	R							4				-	•
	5. Control oscuridad 2010	4	13,64	0,74	MR							5	•		•	•	-

(Continúa)

<i>Linaria polygalifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-								1	-	-	-	-	
	2. Control fotoperiodo 2009	4	22,20	2,18	R	2 9	3,340	0,082	2 9	3,798	0,064	2	-	-	•		
	3. Control fotoperiodo 2010	4	14,10	3,31	MR							3	-	•	-	•	
	4. Control oscuridad 2010	4	21,53	0,73	R							4	-		•	-	
<i>Malcolmia littorea</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	29,42	2,57	R	4 15	5,56	0,006	4 15	24,13	<0,001	1	-	•	•		•
	2. Control oscuridad 2008	4	10,08	2,02	MR							2	•	-			
	3. Control fotoperiodo 2009	4	9,00	0,15	MR							3	•		-	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	15,24	2,15	MR							4				-	•
	5. Control oscuridad 2010	4	5,16	0,13	MR							5	•		•	•	-
<i>Medicago marina</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	23,32	1,20	R	3 12	0,318	0,812	3 12	41,71	<0,001	1	-		•	•	
	2. Control oscuridad 2008	4	22,67	0,88	R							2		-	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2009	4	16,72	0,82	R							3	•	•	-	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	11,06	0,77	MR							4	•	•	•	-	
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	22,03	0,18	R	3 12	3,861	0,038	3 12	118,3	<0,001	1	-	•	•	•	
	2. Control oscuridad 2008	4	8,35	0,34	MR							2	•	-	•		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	13,11	0,15	MR							3	•	•	-	•	
	4. Control fotoperiodo 2010	4	7,88	0,67	MR							4	•		•	-	
<i>Pancreatium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-		3 10	4	0,041	3 10	28,19	<0,001	1	-	-	-	-	-
	2. Control oscuridad 2008	4	12,25	0,33	MR							2	-	-		•	
	3. Control fotoperiodo 2009	2	37	9	L							3	-		-		
	4. Control fotoperiodo 2010	4	30,68	4	R							4	-	•		-	•
	5. Control oscuridad 2010	4	12,56	0,75	MR							5	-			•	-

(Continúa)

<i>Panicum repens</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	37,58	1,47	L	2 9	0,697	0,523	2 9	4,063	0,055	1	-		•	-		
	2. Control fotoperiodo 2010	4	37,06	2,07	L							2		-	•	-		
	3. Control fotoperiodo 2011	4	30,72	2,27	R							3	•	•	-	-		
	4. Control oscuridad 2011	-	-	-								4	-	-	-	-		
<i>Petrothegia nanteuillii</i>	1. Control fotoperiodo 2007	4	10,72	1,07	MR	5 18	5,131	0,004	5 18	117,8	<0,001	1	-	•	•	•		
	2. Control oscuridad 2007	4	3,02	0,02	MR							2	•	-	•	•	•	
	3. Control fotoperiodo 2008	4	9,66	0,30	MR							3	•	-	•	•	•	
	4. Control oscuridad 2008	4	3,30	0,55	MR							4	•	•	•	-	•	•
	5. Control fotoperiodo 2009	4	7,00	0	MR							5	•	•	•	-	•	
	6. Control fotoperiodo 2010	4	4,06	0,04	MR							6	•	•	•	•	•	-
<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	33,46	0,81	L	2 9	7,73	0,011	2 9	8,061	0,010	1	-		•			
	2. Control oscuridad 2008	-	-	-								2	-	-	-	-		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	43,84	2,01	L							3	•		-			
	4. Control fotoperiodo 2010	4	29,03	3,38	R							4				-		
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	2	15,00	0	MR	3 6	2,013	0,214	3 6	19,62	0,002	1	-		•	•		
	2. Control fotoperiodo 2009	2	21,00	0	R							2		-		•		
	3. Control oscuridad 2009	3	24,25	0,25	R							3	•		-	•		
	4. Control fotoperiodo 2010	4	9,83	1,05	MR							4	•	•	•	-		
<i>Scrophularia frutescens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	36,54	0,75	L	3 12	1,069	0,399	3 12	139,6	<0,001	1	-	•		•		
	2. Control oscuridad 2008	4	17,40	0,76	R							2	•	-	•	•		
	3. Control fotoperiodo 2009	4	40,00	0,78	L							3		•	-			
	4. Control fotoperiodo 2010	4	42,18	1,68	L							4	•	•		-		

(Continúa)

Seseli tortuosum	1. Control fotoperiodo 2008	4	28,41	2,10	R	4 15	3,925	0,022	4 15	19,77	<0,001	1	-	•			
	2. Control oscuridad 2008	4	16,8	0,44	R							2	•	-	•	•	•
	3. Control fotoperiodo 2009	4	24,91	1,27	R							3		•	-		
	4. Control fotoperiodo 2010	4	39,48	4,23	L							4		•		-	
	5. Control oscuridad 2010	4	25,29	0,73	R							5		•			-
Silene uniflora	1. Control fotoperiodo 2008	4	17,92	0,42	R	2 9	0,325	0,730	2 9	165,4	<0,001	1	-	•		•	
	2. Control oscuridad 2008	4	8,23	0,31	MR							2	•	-		•	
	3. Control fotoperiodo 2010	4	9,54	0,33	MR							3	•	•		-	

Tabla 1.2. Resultados del ANOVA, de la prueba de homogeneidad de varianzas y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el tiempo medio de germinación entre ensayos control fotoperiodo y control oscuridad a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados del ANOVA y de la prueba de homogeneidad de varianzas y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: diferencia de medias significativa al nivel 0,05 según test DMS o test Games-Howel). Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30días), L; lento (31-60días), ML; muy lento (>60 días). -: Tratamiento excluido por inexistencia o por insuficiencia en el número de casos.



Tabla 1.3. Prueba T tiempo medio de germinación interanual

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas		Prueba T		
		N	Media	Error típico		F	Sig.	Gl	T	Sig. Bilateral
<i>Arctotheca calendula</i>	1. Control fotoperiodo 2008									
	2. Control oscuridad 2008									
	3. Control fotoperiodo 2009	4	41,70	9,52	L	16,41	0,007	3	1,188	0,320
	4. Control oscuridad 2009	4	27,98	0,24	R					
	5. Control fotoperiodo 2010									
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-		2,618	0,157	6	1,531	0,177
	2. Control oscuridad 2008	-	-	-						
	3. Control fotoperiodo 2009	4	29,97	2,66	R					
	4. Control fotoperiodo 2010	4	25,41	1,34	R					
<i>Glaucium flavum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-		3,311	0,119	6	-0,372	0,723
	2. Control oscuridad 2008									
	3. Control fotoperiodo 2009	4	35,25	2,53	L					
	4. Control fotoperiodo 2010	4	40,50	7,57	L					
<i>Iberis procumbens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-		1,65	0,246	6	-7,29	<0,001
	2. Control oscuridad 2008									
	3. Control fotoperiodo 2009	4	15,99	0,92	R					
	4. Control fotoperiodo 2010	4	31,98	2,32	L					
<i>Otanthus maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	-	-	-		-	-	3	-3,34	0,044
	2. Control oscuridad 2008	4	15,39	1,28	MR					
	3. Control fotoperiodo 2009	1	28,00	-	R					
	4. Control fotoperiodo 2010	-	-	-						

Tabla 1.3. Resultados de la prueba T y de la prueba Levene de homogeneidad de varianzas para detectar diferencias significativas en el tiempo medio de germinación entre ensayos control de dos tratamientos diferentes, a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la Prueba T y de la prueba de homogeneidad de varianzas se han obtenido a partir de datos previamente transformados. Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30 días), L; lento (31-60 días), ML; muy lento (>60 días). -: Tratamiento excluido por inexistencia o por insuficiencia en el número de casos. Valores de significación en color indican resultado significativo al nivel de 0,05.

Tabla 1.4. Ritmo de germinación

Especie	Tratamiento	Germinación		Ritmo de germinación			
		Germinación media %	Error típico	t_m	T50 días	T90 días	Rg
<i>Arctotheca calendula</i>	1. Control fotoperiodo 2009	44,00	8,49	41,70	47,75	59,75	Lento
	2. Control oscuridad 2009	72,00	5,89	27,98	20,50	58,25	Rápido
<i>Armeria pubigera</i>	1. Control fotoperiodo 2008	30,00	0	22,11	21,00	31,00	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	50,00	5,00	8,91	10,00	12,00	Muy rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	35,71	7,24	14,13	12,50	20,50	Muy rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	27,14	1,84	16,11	14,25	22,25	Rápido
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2008	100	0	19,10	18,00	21,00	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	42,14	9,36	17,08	11,75	32,50	Rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	90,00	3,40	21,77	19,50	32,50	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	82,85	5,83	11,89	8,00	25,75	Muy rápido
<i>Cakile maritima</i>	1. Control fotoperiodo 2008	86,67	1,67	10,61	10,00	17,00	Muy rápido
	2. Control oscuridad 2008	76,67	10,14	4,91	5,00	6,00	Muy rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	77,85	2,95	23,32	16,00	46,00	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	73,57	5,88	16,82	12,50	32,50	Rápido
<i>Cistus salvifolius</i>	1. Control fotoperiodo 2008	10,71	3,57	23,37	22,50	26,00	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	14,28	3,09	22,00	27,00	34,00	Rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	47,85	6,94	18,78	21,00	23,75	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	33,57	6,74	21,84	21,00	36,00	Rápido

(Continúa)

<i>Corema album</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control fotoperiodo 2009	0	0				
	3. Control oscuridad 2009	0	0				
	4. Control fotoperiodo 2010	0	0				
<i>Critillum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control fotoperiodo 2009	19,28	4,72	29,97	27,25	40,50	Rápido
	3. Control fotoperiodo 2010	32,14	3,38	25,41	23,75	37,00	Rápido
<i>Daphne gnidium</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control fotoperiodo 2009	0	0				
	3. Control fotoperiodo 2010	0	0				
	4. Control oscuridad 2010	0	0				
<i>Elymus farctus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	25,00	8,84	17,96	17,25	22,50	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	60,00	5,00	12,25	10,00	21,33	Rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	77,86	6,10	19,51	14,00	36,25	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	71,43	2,02	11,97	11,00	19,50	Muy rápido
<i>Eryngium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control oscuridad 2008	0	0				
	3. Control fotoperiodo 2009	0	0				
	4. Control fotoperiodo 2010	0	0				
<i>Euphorbia paralias</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control fotoperiodo 2009	2,14	1,37	46,75	46,00	48,00	Lento
	3. Control oscuridad 2009	5,55	1,11	24,33	22,00	26,60	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	1,43	0,82	21,00	21,00	21,00	Rápido

(Continúa)

<i>Glaucium flavum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control oscuridad 2008	0	0				
	3. Control fotoperiodo 2009	9,28	2,14	35,25	30,75	46,50	Lento
	4. Control fotoperiodo 2010	6,42	1,80	40,50	36,75	45,50	Lento
<i>Helichysum picardii</i>	1. Control fotoperiodo 2008	38,57	7,42	23,56	25,50	32,25	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	80,00	3,50	16,60	10,75	31,50	Rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	45,71	6,49	23,22	19,50	39,00	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	58,57	3,40	20,25	21,25	35,00	Rápido
	5. Control oscuridad 2010	71,42	8,57	13,64	9,75	30,75	Muy rápido
<i>Iberis procumbens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control oscuridad 2008	0	0				
	3. Control fotoperiodo 2009	47,85	5,52	15,99	13,25	24,00	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	31,42	7,56	31,98	29,00	49,25	Lento
<i>Linaría polygalifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control fotoperiodo 2009	8,57	2,02	22,20	20,25	28,00	Rápido
	3. Control fotoperiodo 2010	9,28	2,44	14,10	11,50	22,00	Muy rápido
	3. Control oscuridad 2010	17,14	2,33	21,53	20,25	15,41	Rápido
<i>Malcolmia littorea</i>	1. Control fotoperiodo 2008	34,28	16,37	29,42	30,50	37,25	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	87,86	9,50	10,08	9,00	22,25	Muy rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	53,57	4,72	9,00	8,00	11,00	Muy rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	50,71	7,50	15,24	16,00	21,25	Muy rápido
	5. Control oscuridad 2010	90,00	1,84	5,16	4,75	7,00	Muy rápido

(Continúa)

<i>Medicago maritima</i>	1. Control fotoperiodo 2008	89,28	1,37	23,32	24,75	30,00	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	82,14	3,17	22,67	23,00	37,75	Rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	51,42	4,21	16,72	14,25	32,75	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	67,85	6,21	11,06	10,00	17,75	Muy rápido
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Control fotoperiodo 2008	73,57	8,52	22,03	23,25	24,75	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	76,43	6,94	8,35	9,00	10,00	Muy rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	47,86	4,27	13,11	11,75	17,75	Muy rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	50,71	2,14	7,88	7,00	13,50	Muy rápido
<i>Otanthus maritimus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control oscuridad 2008	21,42	4,29	15,39	14,25	24,50	Muy rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	0,71	0,71	28,00	28,00	28,00	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	0	0				
<i>Pancratium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	0	0				
	2. Control oscuridad 2008	67,14	3,78	12,25	11,50	18,75	Muy rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	1,43	0,82	37,00	37,00	37,00	Lento
	4. Control fotoperiodo 2010	5,71	2,02	30,68	30,00	33,50	Rápido
	5. Control oscuridad 2010	26,42	3,93	12,56	12,50	17,00	Muy rápido
<i>Panicum repens</i>	1. Control fotoperiodo 2009	16,43	3,17	37,58	37,00	48,25	Lento
	2. Control fotoperiodo 2010	5,71	2,02	37,06	35,25	39,75	Lento
	3. Control fotoperiodo 2011	35,71	2,97	30,72	30,00	39,50	Rápido
	4. Control oscuridad 2011	0	0				

(Continúa)

<i>Petrophagia nanteuilii</i>	1. Control fotoperiodo 2007	99,29	0,72	10,72	11,25	12,75	Muy rápido
	2. Control oscuridad 2007	100	0	3,02	3,00	3,00	Muy rápido
	3. Control fotoperiodo 2008	97,86	1,37	9,66	9,00	12,00	Muy rápido
	4. Control oscuridad 2008	100	0	3,30	3,00	3,00	Muy rápido
	5. Control fotoperiodo 2009	100	0	7,00	7,00	7,00	Muy rápido
	6. Control fotoperiodo 2010	99,29	0,72	4,06	4,00	4,00	Muy rápido
<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	95,00	2,95	33,46	33,50	37,25	Lento
	2. Control oscuridad 2008	0	0				
	3. Control fotoperiodo 2009	52,85	11,81	43,84	44,00	56,25	Lento
	4. Control fotoperiodo 2010	40,00	6,70	29,03	24,75	44,75	Rápido
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	1,43	0,82	15,00	15,00	15,00	Muy rápido
	2. Control fotoperiodo 2009	2,14	1,37	21,00	21,00	21,00	Rápido
	3. Control oscuridad 2009	3,33	1,92	24,25	22,50	26,00	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	9,28	1,80	9,83	10,00	13,25	Muy rápido
<i>Scrophularia frutescens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	17,85	7,32	36,54	35,75	43,50	Lento
	2. Control oscuridad 2008	32,14	8,44	17,40	17,00	23,75	Rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	40,00	4,04	40,00	37,00	54,50	Lento
	4. Control fotoperiodo 2010	51,42	4,21	42,18	40,25	58,00	Lento
<i>Seseli tortuosum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	14,28	4,95	28,41	26,00	33,00	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	85,71	1,65	16,80	17,00	24,00	Rápido
	3. Control fotoperiodo 2009	29,28	1,80	24,91	23,75	33,50	Rápido
	4. Control fotoperiodo 2010	17,14	5,22	39,48	32,50	65,75	Lento
	5. Control oscuridad 2010	40,71	3,76	25,29	22,75	33,50	Rápido

(Continúa)

<i>Silene uniflora</i>	1. Control fotoperiodo 2008	99,29	0,72	17,92	18,75	23,25	Rápido
	2. Control oscuridad 2008	91,43	3,50	8,23	9,00	10,00	Muy rápido
	3. Control fotoperiodo 2010	98,57	0,83	9,54	11,00	11,75	Muy rápido

Tabla 1.4. Germinación final (media del % de germinación) y ritmo de germinación (t_m se corresponde con el tiempo medio de germinación entre ensayos control fotoperiodo y control oscuridad a los 60 días de estudio, T50 y T90 corresponden con el tiempo en el que se produce el 50 y el 90% de germinación respectivamente, Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: muy rápido (1-15 días), rápido (16-30 días), lento (31-60 días), muy lento (>60 días) de los ensayos control fotoperiodo y control oscuridad de las especies estudiadas.



Tabla 1.5. Anova nivel de germinación almacenamiento a corto plazo.

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparación a posteriori			Viabilidad
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.	1	2		
<i>Armeria pubigera</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	30,00	0	1	50,98	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0	0	5			2	•	-	
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	100	0	1	241,01	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	17,85	2,14	5			2	•	-	
<i>Cakile maritima</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	86,67	1,67	1	1,82	0,177	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	79,28	3,38	5			2		-	
<i>Cistus salvifolius</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	10,71	3,57	1	10,79	0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	24,28	0,83	6			2	•	-	elevada
<i>Corema album</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	0	1	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0	0	6			2		-	baja
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	0	1	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0	0	6			2		-	
<i>Daphne gnidium</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	0	1	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0	0	6			2		-	media
<i>Elymus farctus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	25,00	8,84	1	60,16	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	68,57	4,04	6			2	•	-	
<i>Eryngium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	0	1	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0	0	6			2		-	media
<i>Euphorbia paralias</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	0,13	0,722	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0,71	0,71	6			2		-	media

(Continúa)

<i>Glaucium flavum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	0	1	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0	0	6			2		-	
<i>Helichysum picardii</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	38,57	7,42	1	8,10	0,004	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	22,85	2,02	6			2	•	-	
<i>Iberis procumbens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	35,07	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	18,57	4,44	6			2	•	-	
<i>Linaria polygalifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	0	1	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0	0	6			2		-	elevada
<i>Malcolmia littorea</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	34,28	16,37	1	21,30	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	60,00	5,95	6			2	•	-	
<i>Medicago marina</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	89,28	1,37	1	65,14	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	47,14	3,40	6			2	•	-	
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	73,57	8,52	1	45,72	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	35,71	4,44	6			2	•	-	
<i>Otanthus maritimus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0,00	0,00	1	1,08	0,298	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	2,19	0,38	6			2		-	elevada
<i>Pancratium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	140,30	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	50,71	4,10	6			2	•	-	
<i>Panicum repens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	5,71	2,02	1	54,91	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	39,28	5,76	6			2	•	-	muy elevada
<i>Petrothagia nanteuillii</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	97,86	1,37	1	1,03	0,311	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	100	0	6			2		-	

(Continúa)

<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	95,00	2,95	1	288,04	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	12,85	4,44	6			2	•	-	
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	1,43	0,82	1	0,51	0,477	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0	0	6			2		-	baja
<i>Scrophularia frutescens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	17,85	7,32	1	3,45	0,063	1	-		
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	8,57	1,17	6			2		-	
<i>Seseli tortuosum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	14,28	4,95	1	23,39	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	0	0	6			2	•	-	
<i>Silene uniflora</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	99,29	0,72	1	168,1	<0,001	1	-	•	
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	40,71	5,76	6			2	•	-	

Tabla 1.5. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre ensayos control fotoperiodo 2008 y control fotoperiodo 2008+2 a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *a posteriori* se han obtenido a partir de los datos previamente transformados. (•: $p < 0,05$ según test DMS).

Tabla 1.6. Prueba T de t_m de germinación almacenamiento a corto plazo.

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas		Prueba T		
		N	Media	Error típico		F	Sig.	gl	T	Sig. bilateral
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	19,10	0,13	R	4,64	0,084	5	-1,377	0,227
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	24,06	3,08	R					
<i>Cakile maritima</i>	1. Control fotoperiodo 2008	3	10,61	0,40	MR	7,939	0,037	3,5	2,604	0,067
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	7,72	0,98	MR					
<i>Cistus salvifolius</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	23,37	0,68	R	3,863	0,097	6	-3,504	0,013
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	30,41	2,05	R					
<i>Elymus farctus</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	17,46	1,06	R	0,007	0,936	6	-0,411	0,695
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	18,34	1,08	R					
<i>Helichrysum picardii</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	23,56	0,54	R	58,87	<0,0001	3,4	-3,465	0,033
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	32,35	2,73	L					
<i>Malcolmia littorea</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	29,42	2,57	R	0,481	0,514	6	1,081	0,321
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	26,67	1,12	R					

(Continúa)

<i>Medicago marina</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	23,32	1,20	R	0,586	0,473	6	-4,207	0,006
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	30,23	0,96	R					
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	22,03	0,18	R	5,924	0,051	6	-8,95	<0,001
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	30,67	1,09	R					
<i>Panicum repens</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	37,06	2,07	L	11,59	0,014	3,7	9,141	0,001
	2. Control fotoperiodo 2010+2	4	21,39	0,44	R					
<i>Petrothagia nanteuillii</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	9,66	0,30	MR	5,637	0,055	6	27,18	<0,001
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	4,00	0	MR					
<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	33,46	0,81	L	9,849	0,020	6	-0,241	0,824
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	34,89	3,75	L					
<i>Scrophularia frutescens</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	36,54	0,75	L	2,485	0,166	6	-1,898	0,106
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	42,41	3,44	L					

(Continúa)

<i>Silene uniflora</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	17,92	0,42	R	2,378	0,174	6	-3,909	0,008
	2. Control fotoperiodo 2008+2	4	23,15	1,44	R					

Tabla 1.6. Resultados de la prueba T y de la prueba Levene de homogeneidad de varianzas para detectar diferencias significativas en el tiempo medio de germinación entre los ensayos control fotoperiodo 2008 y fotoperiodo 2008+2 (almacenamiento a corto plazo). Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la Prueba T y de la prueba de homogeneidad de varianzas se han obtenido a partir de datos previamente transformados. Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30 días), L; lento (31-60 días), ML; muy lento (>60 días). Valores en color indican resultado significativo al nivel de 0,05.





ANEXO ESTADÍSTICO

Capítulo II



Tabla 2.1. Anova nivel de germinación estratificación fría 2, 8 y 16 semanas.

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparaciones a posteriori										
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.	1	2	3	4	5	6	7	8			
<i>Armeria pubigera</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	35,71	7,24	6 15	212,16	<0,001	1	-	•	•	•	•	•	•	•	•	
	2. Control oscuridad 2008	3	50,00	5,00				2	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•
	3. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	92,22	2,94				3	•	•	-							
	4. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	94,44	2,94				4	•	•	-							
	5. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	96,66	1,93				5	•	•	-							
	6. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	96,66	1,93				6	•	•	-							
	7. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	93,33	3,85				7	•	•	-							
	8. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	94,44	2,94				8	•	•	-							
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	19,28	4,72	7 18	922,28	<0,001	1	-	•	•	•	•	•	•	•	•	
	2. Control oscuridad 2010	4	0	0				2	•	-	•	•	•	•	•	•	•	
	3. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	97,77	1,11				3	•	•	-	•	•	•	•	•	•	
	4. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	24,44	2,94				4	•	•	-	•	•	•	•	•	•	
	5. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	94,44	4,01				5	•	•	-	•	•	•	•	•	•	
	6. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	78,89	2,94				6	•	•	-	•	•	•	•	•	•	
	7. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	78,89	4,84				7	•	•	-	•	•	•	•	•	•	
	8. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	95,55	4,45				8	•	•	-	•	•	•	•	•	•	

(Continúa)

<i>Crithmum maritimum</i> EM+EF	1. Control fotoperiodo 2009	4	19,28	4,72	6 15	477,12	<0,001	1	-	•		•	•	•	•	
	2. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	98,89	1,11				2	•	-	•		•	•		
	3. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	25,55	2,94				3		•	-	•	•	•	•	
	4. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	94,44	2,94				4	•		•	-				
	5. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	87,77	6,76				5	•	•	•		-		•	
	6. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	91,11	4,84				6	•	•	•			-	•	
	7. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	100	0				7	•		•		•	•	-	
<i>Daphne gniidium</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	0	0	6 15	72,5	<0,001	1	-		•	•	•	•	•	•
	2. Control oscuridad 2010	4	0	0				2		-	•	•	•	•	•	•
	3. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	33,33	11,70				3	•	•	-		•	•	•	
	4. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	23,33	5,77				4	•	•		-				
	5. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	14,44	4,01				5	•	•	•		-	•		
	6. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	25,55	5,55				6	•	•			•	-		
	7. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	14,44	2,22				7	•	•	•				-	
	8. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	18,89	4,44				8	•	•	•					-
<i>Daphne gniidium</i> EM+EF	1. Control fotoperiodo 2009	4	0	0	6 15	60,19	<0,001	1	-		•	•	•	•	•	
	2. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	2,22	1,11				2		-	•	•	•		•	
	3. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	16,66	1,93				3	•	•	-			•		
	4. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	24,44	2,94				4	•	•		-	•			
	5. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	13,33	3,85				5	•	•		•	-	•		
	6. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	6,66	3,33				6	•		•	•		-	•	
	7. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	16,66	3,85				7	•	•				•	-	

(Continúa)

<i>Glaucium flavum</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	9,28	2,14	7 18	853,41	<0,001	1	-	•	•	•	•	•	•	•	•		
	2. Control oscuridad 2008	4	0	0				2	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	3. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	67,77	5,88				3	•		-	•	•	•	•	•	•	•	•
	4. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	92,22	2,94				4	•	•	•	-					•		
	5. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	91,11	4,84				5	•	•	•		-				•		
	6. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	91,11	7,29				6	•	•	•			-					
	7. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	98,89	1,11				7	•	•	•	•	•				-		•
	8. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	82,22	10,60				8	•	•	•						•		-
<i>Iberis procumbens</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	47,85	5,52	6 15	163,83	<0,001	1	-	•	•	•	•	•	•	•	•		
	2. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	97,78	2,22				2	•	-									
	3. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	97,78	2,22				3	•		-								
	4. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	95,55	4,45				4	•			-							
	5. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	95,55	2,94				5	•				-						
	6. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	96,66	1,93				6	•					-					
	7. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	96,66	0				7	•								-		
<i>Linaria polygalifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	8,57	2,02	7 18	68,13	<0,001	1	-	•	•	•	•	•	•	•	•		
	1. Control oscuridad 2010	4	17,14	2,33				2	•	-		•	•					•	
	2. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	25,55	1,11				3	•		-	•	•						
	3. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	46,66	5,09				4	•	•	•	-		•	•	•			
	4. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	42,22	10,60				5	•	•	•		-	•	•				
	5. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	17,78	4,01				6	•			•	•	-		•			
	6. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	28,89	10,6				7	•			•	•		-				
	7. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	30,00	5,09				8	•	•		•	•			-			

(Continúa)

<i>Otanthus maritimus</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	0,71	0,71	6 15	2,8	0,834	1	-	•									
	2. Control oscuridad 2008	4	21,42	4,29				2	•	-	•	•	•	•	•	•	•		
	3. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	4,44	4,44				3	•	-									
	4. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	2,22	1,11				4	•	-									
	5. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	0	0				5	•		-								
	6. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	2,22	2,22				6	•			-							
	7. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	0	0				7	•					-					
	8. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	1,11	1,11				8	•							-			
<i>Polygonum maritimum 60 días</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	52,85	11,81	6 15	190,61	<0,001	1	-	•	•	•	•	•	•				
	2. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	7,78	2,22				2	•	-				•	•				
	3. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	3,33	3,33				3	•		-	•		•	•				
	4. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	13,33	8,39				4	•		•	-		•	•				
	5. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	7,77	2,94				5	•				-	•	•				
	6. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	54,44	8,01				6	•	•	•	•	•	-	•				
	7. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	37,77	6,76				7	•	•	•	•	•	•	•	-			
<i>Polygonum maritimum 90 días</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	52,85	11,81	6 15	195,57	<0,001	1	-	•	•	•	•	•					
	2. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	7,78	2,22				2	•	-		•		•	•				
	3. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	3,33	3,33				3	•		-	•		•	•				
	4. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	45,55	4,01				4	•	•	-	•							
	5. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	7,77	2,94				5	•			•	-	•	•				
	6. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	54,44	8,01				6	•	•		•	-	•					
	7. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	37,77	6,76				7	•	•	•		•	•	-				

(Continúa)

<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	2,14	1,37	6	7,76	0,256	1	-											
	2. Control oscuridad 2009	3	3,33	1,00				2												
	3. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	0	0				3	-		•									
	4. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	3,33	1,92				4		-										
	5. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	7,77	1,11				5			•	-								
	6. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	3,33	1,92				6					-							
	7. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	2,22	2,22				7							-					
	8. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	4,44	2,94				8									-			
<i>Scrophularia frutescens</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	40,00	4,04	7	100,10	<0,001	1	-			•		•						
	2. Control oscuridad 2008	4	32,14	8,44				2	-	•		•		•		•		•		
	3. Estratificación en frío 2 semanas fotoperiodo 2009	3	50,00	8,39				3	•	-	•	•	•	•						
	4. Estratificación en frío 2 semanas oscuridad 2009	3	31,11	4,84				4			•	-	•		•		•		•	
	5. Estratificación en frío 8 semanas fotoperiodo 2009	3	74,44	4,44				5	•	•	•	•	•	-	•		•		•	
	6. Estratificación en frío 8 semanas oscuridad 2009	3	28,74	4,05				6			•		•	-	•		•		•	
	7. Estratificación en frío 16 semanas fotoperiodo 2009	3	72,22	4,01				7	•	•	•	•			•		-		•	
	8. Estratificación en frío 16 semanas oscuridad 2009	3	51,11	2,94				8	•		•	•	•	•	•				•	-

Tabla 2.1. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *a posteriori* para detectar diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre ensayos control fotoperiodo y estratificación en frío 2, 8 y 16 semanas en fotoperiodo y oscuridad a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *a posteriori* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: $p < 0,05$ según test DMS).

Tabla 2.2. Anova dos factores estratificación en frío.

Especie	Tratamiento	FV	Tabla F del ANOVA				Contraste Chi ²			
			SC	CM	F	Sig.	Var.	Chi ²	gl	Sig.
<i>Crithmum maritimum</i>	2 semanas	A	0,0038	0,0038	0,565	0,4739	0,008	0,4572	1	0,4989
		B	2,7178	2,7178	402,81	<0,001	0,008	326,13	1	<0,001
		AB	0,0015	0,0015	0,228	0,6455	0,008	0,1849	1	0,6672
	8 semanas	A	0,0220	0,0220	0,677	0,4346	0,008	2,6369	1	0,1044
		B	0,1110	0,1110	3,419	0,1016	0,008	13,3252	1	0,0003
		AB	0,0265	0,0265	0,817	0,3926	0,008	3,1821	1	0,0744
	16 semanas	A	0,0882	0,0882	3,503	0,0982	0,008	10,5830	1	0,0011
		B	0,2539	0,2539	10,087	0,0131	0,008	30,4718	1	<0,001
		AB	0,0075	0,0075	0,300	0,5989	0,008	0,9058	1	0,3412
<i>Daphne gnidium</i>	2 semanas	A	0,2364	0,2364	10,696	0,0113	0,008	28,3625	1	<0,001
		B	0,0251	0,0251	1,134	0,3180	0,008	3,0074	1	0,0829
		AB	0,1227	0,1227	5,551	0,0462	0,008	14,7193	1	<0,001
	8 semanas	A	0,0005	0,0005	0,054	0,8226	0,008	0,0593	1	0,8077
		B	0,0000	0,0000	0,002	0,9618	0,008	0,0027	1	0,9586
		AB	0,0648	0,0648	7,042	0,0291	0,008	7,7705	1	0,0053
	16 semanas	A	0,0213	0,0213	2,453	0,1559	0,008	2,5555	1	0,1099
		B	0,0377	0,0377	4,346	0,0706	0,008	4,5268	1	0,0334
		AB	0,0095	0,0095	1,098	0,3253	0,008	1,1440	1	0,2848

Tabla 2.2. Resultados de la prueba ANOVA de 2 factores para detectar diferencias significativas entre los tratamientos de estratificación en frío con semillas escarificadas y sin escarificar con tratamientos de estratificación en frío en fotoperiodo y oscuridad de dos especies; *Crithmum maritimum* y *Daphne gnidium*. “A” indica el estado de la semillas (sin escarificar o escarificado); “B” indica la estratificación en fotoperiodo o en oscuridad y “AB” indica la interacción de los dos factores. Valores en color indican resultado significativo al nivel de 0,05.

Tabla 2.3. Anova dos factores estratificación fría y fotoperiodo/oscuridad.

Especies	Tratamiento (semanas)	2			8			16			
		A	B	AB	A	B	AB	A	B	AB	
<i>Crithmum maritimum</i>	Tabla F ANOVA	F	26,44	18,97	3,39	134,80	12,16	1,54	316,60	<0,001	47,80
		P	0,0009	0,0024	0,1026	<0,0001	0,0082	0,24	<0,0001	0,99	0,0001
	Tabla Chi ²	Chi ²	197,75	139,70	24,99	358,95	32,38	4,12	381,72	0,0002	57,63
		gl	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,04	<0,0001	0,98	<0,0001
<i>Daphne gnidium</i>	Tabla F ANOVA	F	28,10	0,17	0,24	39,47	0,75	1,04	44,92	0,15	0,21
		P	0,0007	0,68	0,63	0,0002	0,41	0,33	0,0002	0,70	0,65
	Tabla Chi ²	Chi ²	116,77	0,72	1,00	79,58	1,51	2,10	66,41	0,22	0,31
		gl	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		P	<0,0001	0,39	0,31	<0,0001	0,21	0,14	<0,0001	0,63	0,57
<i>Eryngium maritimum</i>	Tabla F ANOVA	F	-	-	-	4,23	0,33	0,47	13,18	5,40	7,50
		P	-	-	-	0,07	0,57	0,51	0,006	0,04	0,02
	Tabla Chi ²	Chi ²	0	0	0	3,04	0,24	0,33	22,40	9,17	12,74
		gl	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		P	1,00	1,00	1,00	0,08	0,62	0,56	<0,0001	0,002	0,0004
<i>Glaucium flavum</i>	Tabla F ANOVA	F	86,47	0,41	9,29	56,54	0,17	1,26	50,01	1,52	0,27
		P	<0,0001	0,53	0,01	0,0001	0,68	0,29	0,0001	0,25	0,61
	Tabla Chi ²	Chi ²	343,17	1,64	36,86	497,30	1,51	11,10	521,39	15,85	2,91
		gl	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		P	<0,0001	0,20	<0,0001	<0,0001	0,21	0,0009	<0,0001	0,0001	0,08

Tabla 2.3. Efecto de la interacción de la estratificación fría (A) y fotoperiodo/oscuridad (B) en *Crithmum maritimum*, *Daphne gnidium*, *Eryngium maritimum* y *Glaucium flavum* analizadas por un ANOVA multifactorial. La tabla muestra los valores F, Chi², grados de libertad (gl) y la probabilidad asociada (P). Los valores en color indican un resultado significativo al nivel 0,05.

Tabla 2.4. Anova nivel de germinación escarificación manual

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparaciones a posteriori							
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.		1	2	3	4	5	6	
<i>Arctotheca calendula</i>	1. Control fotoperiodo 2009 (60 días)	4	44,00	8,49	5 18	63,38	<0,001	1	-	•	•			•	
	2. Control fotoperiodo 2009 (90 días)	4	70,00	8,72				2	•	-		•	•		
	3. Control oscuridad 2009 (60 días)	4	72,00	5,89				3	•		-	•	•		
	4. Escarificación manual fotoperiodo 2009 (60 días)	4	39,00	13,30				4		•	•	-		•	
	5. Escarificación manual fotoperiodo 2009 (90 días)	4	50,00	11,94				5		•	•		-	•	
	6. Escarificación manual oscuridad 2009 (60 días)	4	77,00	5,97				6	•			•	•	-	
<i>Cistus salvifolius</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	33,57	6,74	1	7,25	0,007	1	-			•			
	2. Escarificación manual fotoperiodo 2010	4	48,57	2,33	6			2	•			-			
<i>Corema album</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0		0	1	1							
	2. Escarificación manual fotoperiodo 2008	4	0	0				2							
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	66,16	<0,001	1	-			•			
	2. Escarificación manual fotoperiodo 2008	4	29,28	2,70	6			2	•			-			
<i>Daphne gnidium</i>	1. Control fotoperiodo 2008	4	0	0	1	11,84	0,001	1	-			•			
	2. Escarificación manual fotoperiodo 2008	4	11,67	4,41	5			2	•			-			
<i>Otanthus maritimus</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	0	0	2 9	5,32	0,070	1	-				•		
	2. Escarificación manual fotoperiodo 2010	4	1,43	0,82				2				-			
	3. Escarificación manual oscuridad 2010	4	5,00	1,37				3	•				-		
<i>Panicum repens</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	5,71	2,02	3 12	18,99	<0,001	1	-	•			•		
	2. Control oscuridad 2010	4	0	0				2	•	-		•			
	3. Escarificación manual fotoperiodo 2010	4	8,57	1,17				3		•		-	•		
	4. Escarificación manual oscuridad 2010	4	0	0				4	•			•		-	

Polygonum maritimum	1. Control fotoperiodo 2009	4	52,85	11,81	3	97,13	<0,001	1	-	•		•
	2. Escarificación manual fotoperiodo 2009 (60 días)	4	17,14	4,04				2	•	-	•	•
	3. Escarificación manual fotoperiodo 2009 (90 días)	4	50,00	11,34				3		•	-	•
	4. Escarificación manual fotoperiodo 2009 (120 días)	4	69,28	6,21				4	•	•	•	-
Scolymus hispanicus	1. Control fotoperiodo 2010	4	9,28	1,80	3	15,76	0,001	1	-	•		•
	2. Control oscuridad 2009	3	3,33	1,92				2	•	-	•	•
	3. Escarificación manual fotoperiodo 2010	4	12,85	3,78				3		•	-	
	4. Escarificación manual oscuridad 2010	4	17,14	1,17				4	•	•		-

Tabla 2.4. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre ensayos control fotoperiodo, control oscuridad y escarificación manual a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (●: $p < 0,05$ según test DMS).

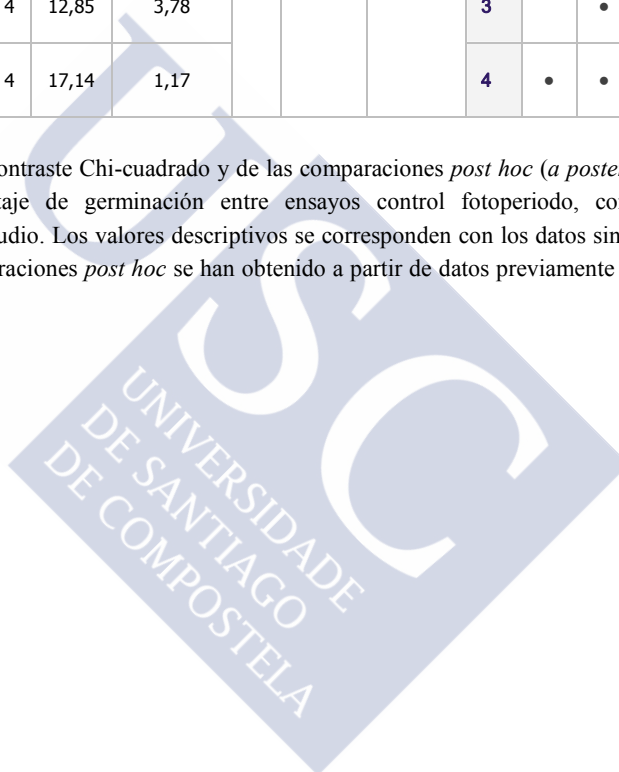


Tabla 2.5. Anova nivel de germinación escarificación ácida

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparaciones a posteriori						
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.	1	2	3	4	5		
<i>Corema album</i> 2009	1. Control fotoperiodo 2009	4	0	0	4 15	0	1	1	-					
	2. Escarificación ácida 5' fotoperiodo 2009	4	0	0				2		-				
	3. Escarificación ácida 5' oscuridad 2009	4	0	0				3				-		
	4. Escarificación ácida 15' fotoperiodo 2009	4	0	0				4					-	
	5. Escarificación ácida 15' oscuridad 2009	4	0	0				5						-
<i>Corema album</i> 2010	1. Control fotoperiodo 2010	4	0	0	8 27	0,90	0,999	1	-					
	2. Escarificación ácida 30' fotoperiodo 2010	4	0	0				2		-				
	3. Escarificación ácida 30' oscuridad 2010	4	0	0				3				-		
	4. Escarificación ácida 60' fotoperiodo 2010	4	0	0				4					-	
	5. Escarificación ácida 60' oscuridad 2010	4	0	0				5						-
	6. Escarificación ácida 120' fotoperiodo 2010	4	0	0				6						-
	7. Escarificación ácida 120' oscuridad 2010	4	0	0				7						-
	8. Escarificación ácida 240' fotoperiodo 2010	4	1,43	0,82				8						-
	9. Escarificación ácida 240' oscuridad 2010	4	0	0				9						-
<i>Daphne gnidium</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	0	0	4 15	32,56	<0,001	1	-	•	•			
	2. Escarificación ácida 5' fotoperiodo 2009	4	8,57	2,33				2	•	-		•	•	
	3. Escarificación ácida 5' oscuridad 2009	4	10,00	1,43				3	•		-	•	•	
	4. Escarificación ácida 15' fotoperiodo 2009	4	0	0				4		•	•	-		
	5. Escarificación ácida 15' oscuridad 2009	4	0	0				5		•	•		-	

Tabla 2.5. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre ensayos control fotoperiodo y escarificación ácida a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: p<0,05 según test DMS).

Tabla 2.6. Anova nivel de germinación giberelinas

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparaciones a posteriori				
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.		1	2	3	4
<i>Armeria pubigera</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	27,14	1,84	2 9	270,69	<0,001	1	-	•	•	
	2. Giberelinas 0,1mM	4	99,29	0,72				2	•	-		
	3. Giberelinas 1mM	4	98,57	1,43				3	•		-	
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	32,14	3,38	2 9	143,84	<0,001	1	-	•	•	
	2. Giberelinas 0,1mM	4	77,85	7,32				2	•	-	•	
	3. Giberelinas 1mM	4	92,14	1,80				3	•	•	-	
<i>Daphne gnidium</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	0	0	3 12	79,82	<0,001	1	-	•	•	•
	2. Giberelinas 0,1mM	4	19,28	4,42				2	•	-		
	3. Giberelinas 1mM	4	26,43	3,17				3	•		-	
	4. Giberelinas 5mM	4	27,14	0,83				4	•			-
<i>Eryngium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	0	0	3 12	0	1	1	-			
	2. Giberelinas 0,1mM	4	0	0				2		-		
	3. Giberelinas 1mM	4	0	0				3			-	
	4. Giberelinas 5mM	4	0	0				4				-
<i>Euphorbia paralias</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	1,43	0,82	3 12	144,74	<0,001	1	-	•	•	•
	2. Giberelinas 0,1mM	4	6,43	1,37				2	•	-	•	•
	3. Giberelinas 1mM	4	22,85	2,02				3	•	•	-	•
	4. Giberelinas 5mM	4	50,71	7,13				4	•	•	•	-
<i>Glaucium flavum</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	6,42	1,80	2 13	1,67	0,433	1	-			
	2. Giberelinas 0,1mM	4	7,14	2,47				2		-		
	3. Giberelinas 1mM	4	10,00	0,82				3			-	

<i>Iberis procumbens</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	31,42	7,56	2 13	37,01	<0,001	1	-	•	•			
	2. Giberelinas 0,1mM	4	63,57	5,52				2	•	-				
	3. Giberelinas 1mM	4	58,57	5,28				3	•		-			
<i>Linaria polygalifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	9,28	2,44	3 12	90,03	<0,001	1	-	•	•	•		
	2. Giberelinas 0,1mM	4	17,14	4,21				2	•	-	•	•		
	3. Giberelinas 1mM	4	43,57	5,76				3	•	•	-			
	4. Giberelinas 5mM	4	49,28	4,72				4	•	•		-		
<i>Otanthus maritimus</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	0	0	6 21	143,51	<0,001	1	-	•	•	•	•	
	2. Control oscuridad 2008	4	21,42	4,29				2	•	-	•	•	•	•
	3. Giberelinas fotoperiodo 0,1mM	4	0	0				3	•	-	•	•	•	
	4. Giberelinas oscuridad 0,1mM	4	4,28	0,83				4	•	•	•	-	•	
	5. Giberelinas fotoperiodo 1mM	4	0,71	0,71				5	•		-	•	•	
	6. Giberelinas oscuridad 1mM	4	7,85	1,80				6	•	•	•	•	-	•
	7. Giberelinas oscuridad 5mM	4	32,85	3,78				7	•	•	•	•	•	-
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	9,28	1,80	3 12	29,59	<0,001	1	-	•	•	•		
	2. Giberelinas 0,1mM	4	19,28	3,17				2	•	-		•		
	3. Giberelinas 1mM	4	21,43	4,44				3	•		-	•		
	4. Giberelinas 5mM	4	35,00	5,64				4	•	•	•	-		
<i>Scrophularia frutescens</i> 60 días	1. Control fotoperiodo 2010	4	51,42	4,21	2 9	127,38	<0,001	1	-	•	•			
	2. Giberelinas 0,1mM	4	30,00	2,47				2	•	-	•			
	3. Giberelinas 1mM	4	89,29	1,80				3	•	•	-			

(Continúa)

Scrophularia frutescens 90 días	1. Control fotoperiodo 2010	4	55,71	4,21	2	61,17	<0,001	1	-		•	
	2. Giberelinas 0,1mM	4	60,00	3,50				2		-	•	
	3. Giberelinas 1mM	4	89,28	1,80				3	•	•	-	

Tabla 2.6. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre ensayos control fotoperiodo y giberelinas 0,1, 1 y 5mM a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: $p < 0,05$ según test DMS).



Tabla 2.7. Anova t_m estratificación fría

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas			ANOVA			Comparaciones a posteriori											
		N	Media	Error típico		gl	Levene	Sig.	gl	F	Sig.	1	2	3	4	5	6	7					
<i>Armeria pubigera</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	14,13	1,10	MR	6 15	3,904	0,015	6 15	0,540	0,770	1	-										
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	3	12,99	0,25	MR							2		-									
	3. EF 2 semanas oscuridad	3	13,33	0,13	MR							3			-								
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	13,34	0,11	MR							4				-							
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	13,58	0,08	MR							5					-						
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	3	13,18	0,25	MR							6									-		
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	12,88	0,33	MR							7											-
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	29,97	2,66	R	6 15	4,902	0,006	6 15	20,51	<0,001	1	-			•	•	•	•				
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	3	27,53	0,27	R							2		-		•	•	•	•				
	3. EF 2 semanas oscuridad	3	25,51	0,82	R							3			-	•	•	•	•				
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	44,47	0,72	L							4		•	•	•	-						
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	41,76	1,62	L							5		•	•	•		-					
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	3	47,46	2,02	L							6		•	•	•				-			
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	41,64	2,66	L							7		•	•	•						-	
<i>Crithmum maritimum EM + EF</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	29,97	2,66	R	6 15	4,749	0,007	6 15	14,35	<0,001	1	-										
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	3	25,93	0,20	R							2		-			•				•		
	3. EF 2 semanas oscuridad	3	24,67	0,65	R							3			-		•				•		
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	37,83	2,32	L							4				-							
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	40,50	0,87	L							5		•	•			-					
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	3	44,42	3,68	L							6									-		
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	37,52	0,89	L							7		•	•							-	

<i>Daphne gniculum</i>	1. Control fotoperiodo 2009	-	-	-																	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	3	33,16	2,41	L																2	-	-	•	•	•	•	•	•
	3. EF 2 semanas oscuridad	3	26,23	2,07	R																3	-	•	-	•	•	•	•	•
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	58,51	4,02	L	5	1,905	0,167	5	31,59	<0,001										4	-	•	•	-				
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	47,81	2,72	L	12			12												5	-	•	•		-	•		
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	3	70,49	5,98	ML																6	-	•	•		•	-	•	
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	56,52	0,34	L																7	-	•	•			•	-	
<i>Daphne gniculum EM + EF</i>	1. Control fotoperiodo 2009	-	-	-																	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	2	50,50	8,50	L																2	-	-						
	3. EF 2 semanas oscuridad	3	29,34	0,99	R																3	-		-	•			•	
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	57,57	1,44	L	5	6,759	0,004	5	7,023	0,004										4	-		•	-				
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	46,55	4,12	L	11			11												5	-			-				
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	3	109,00	28,16	ML																6	-				-			
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	51,20	3,80	L																7	-		•				-	
<i>Eryngium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2009	-	-	-																	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	-	-	-																	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	3. EF 2 semanas oscuridad	1	109,00	-	ML																3	-	-	-	-	-	-	-	-
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	138,60	15,85	ML	2	6,637	0,03	2	0,138	0,874										4	-	-	-	-	-	-	-	-
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	131,33	6,17	ML	6			6												5	-	-	-	-	-	-	-	-
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	1	140,00	-	ML																6	-	-	-	-	-	-	-	-
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	129,80	0,49	ML																7	-	-	-			-	-	

(Continúa)

<i>Euphorbia paralias</i>	1. Control fotoperiodo 2009	2	46,75	6,25	L	6 13	28,768	<0,001	6 13	445,1	<0,001	1	-	•	-	•	•	•	•	•
	2. Control oscuridad 2009	3	24,33	0,16	R							2	•	-	-	•	•	•	•	
	3. EF 2 semanas fotoperiodo	1	19,67	-	R							3	-	-	-	-	-	-	-	
	4. EF 2 semanas oscuridad	3	24,33	0,16	R							4	•	-	-	•	•	•	•	
	5. EF 8 semanas fotoperiodo	3	91,45	2,84	ML							5	•	•	-	•	-	•	•	•
	6. EF 8 semanas oscuridad	3	66,76	0,37	ML							6	•	•	-	•	•	-	•	•
	7. EF 16 semanas fotoperiodo	3	131,08	1,84	ML							7	•	•	-	•	•	•	-	
	8. EF 16 semanas oscuridad	3	125,67	0,43	ML							8	•	•	-	•	•	•	-	
<i>Glaucium flavum</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	35,25	2,53	L	6 15	3,869	0,016	6 15	24,77	<0,001	1	-	•						
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	3	23,23	0,05	R							2		-	•	•	•	•	•	
	3. EF 2 semanas oscuridad	3	21,14	0,14	R							3	•	•	-	•	•	•	•	
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	32,99	0,07	L							4		•	•	-				
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	32,54	0,57	L							5		•	•		-			
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	3	32,91	0,36	L							6		•	•			-		
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	31,95	0,28	L							7		•	•				-	
<i>Iberis procumbens</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	15,99	0,92	MR	6 15	2,311	0,088	6 15	3,6	0,021	1	-	•	•	•	•	•	•	
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	3	13,89	0,25	MR							2	•	-						
	3. EF 2 semanas oscuridad	3	13,77	0,08	MR							3	•		-					
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	14,13	0,16	MR							4	•			-				
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	13,68	0,13	MR							5	•				-			
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	3	13,74	0,04	MR							6	•					-		
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	13,70	0,13	MR							7	•						-	

(Continúa)

<i>Linaria polygalifolia</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	22,20	2,18	R	7 18	1,405	0,263	7 18	8,939	<0,001	1	-	•	•	•	•	•	•	
	2. Control oscuridad 2010	4	21,53	0,73	R							2	-	•	•	•	•	•	•	•
	3. EF 2 semanas fotoperiodo	3	26,84	0,43	R							3	•	•	-	•			•	
	4. EF 2 semanas oscuridad	3	27,05	1,66	R							4	•	•		-	•		•	
	5. EF 8 semanas fotoperiodo	3	35,06	2,98	L							5	•	•	•	•	-			
	6. EF 8 semanas oscuridad	3	31,35	1,85	L							6	•	•				-		
	7. EF 16 semanas fotoperiodo	3	31,34	1,69	L							7	•	•					-	
	8. EF 16 semanas oscuridad	3	33,89	1,00	L							8	•	•	•	•				-
<i>Otanthus maritimus</i>	1. Control fotoperiodo 2009	1	28,00	-	R							1	-							
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	1	21,50	-	R							2	-							
	3. EF 2 semanas oscuridad	2	34,50	-	L							3			-					
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	-	-	-	-							4				-				
	5. EF 8 semanas oscuridad	1	90,50	-	ML							5					-			
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	-	-	-	-							6						-		
	7. EF 16 semanas oscuridad	1	126,00	-	ML							7							-	
<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	43,60	2,24	L	5 13	6,90	0,002	5 13	64,77	<0,001	1	-	-	•	•	•	•		
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	3	42,11	5,60	L							2	-	-	•					
	3. EF 2 semanas oscuridad	1	21,00	-	R							3	-	-	-	-	-	-		
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	125,90	6,60	ML							4	•	•	-	-	•			
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	70,00	0	ML							5	•		-	•	-	•	•	
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	3	130,70	0,88	ML							6	•		-		•	-		
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	109,80	4,45	ML							7	•		-	•			-	

(Continúa)

Especie	Tratamiento	Repeticiones	Media	Desviación estándar	Ritmo	F	p	MS	F _{crit}	p	Comparaciones post hoc							
											1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Control fotoperiodo 2009	2	21,00	0	R	4 6	8,398	0,012	4 6	80,75	<0,001	1	-	-	•	•	-	•
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	-	-	-	-							2	-	-	-	-	-	-
	3. EF 2 semanas oscuridad	2	24,25	0,25	R							3	-	-	•	•	-	-
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	57,89	4,69	L							4	•	-	•	-	-	-
	5. EF 8 semanas oscuridad	2	70,50	2,50	ML							5	•	-	•	-	-	-
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	1	35,00	-	L							6	-	-	-	-	-	-
	7. EF 16 semanas oscuridad	2	91,50	13,50	ML							7	•	-	-	-	-	-
<i>Srophullaria frutescens</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	40,00	0,78	L	6 15	2,587	0,063	6 15	270,3	<0,001	1	-	•	•	•	•	•
	2. EF 2 semanas fotoperiodo	3	39,29	2,16	L							2	-	•	•	•	•	•
	3. EF 2 semanas oscuridad	3	24,10	0,26	R							3	•	•	-	•	•	•
	4. EF 8 semanas fotoperiodo	3	71,00	0,78	ML							4	•	•	•	-	•	•
	5. EF 8 semanas oscuridad	3	73,95	5,44	ML							5	•	•	•	-	•	•
	6. EF 16 semanas fotoperiodo	3	123,80	1,28	ML							6	•	•	•	•	•	-
	7. EF 16 semanas oscuridad	3	118,30	3,37	ML							7	•	•	•	•	•	-

Tabla 2.7. Resultados del ANOVA, de la prueba de homogeneidad de varianzas y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el tiempo medio de germinación entre ensayos control fotoperiodo y estratificación en frío 2, 8 y 16 semanas fotoperiodo y oscuridad a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados del ANOVA y de la prueba de homogeneidad de varianzas y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: diferencia de medias significativa al nivel 0,05 según test DMS o test Games-Howel). Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30días), L; lento (31-60días), ML; muy lento (>60 días). -: Tratamiento excluido por inexistencia o por insuficiencia en el número de casos.

Tabla 2.8. Anova de dos factores t_m estratificación frío semillas escarificadas y no escarificadas.

Especie	Tratamiento	Tabla F del ANOVA				
		SC	gl	CM	F	Sig.
<i>Crithmum maritimum</i>	A	0,340	5	0,068	72,181	<0,001
	B	0,009	1	0,009	10,043	0,004
	AB	0,003	5	0,001	0,742	0,600
<i>Daphne gnidium</i>	A	0,735	5	0,147	20,895	<0,001
	B	0,023	1	0,023	3,336	0,081
	AB	0,058	5	0,012	1,652	0,186

Tabla 2.8. Resultados de la prueba ANOVA de 2 factores para detectar diferencias significativas entre los tratamientos de estratificación en frío con semillas **escarificadas y sin escarificar** con tratamientos de estratificación en frío en **fotoperiodo y oscuridad 2, 8 y 16 semanas**. Los resultados del ANOVA se han obtenido a partir de datos previamente transformados. “A” indica la estratificación en fotoperiodo o en oscuridad 2, 8 y 16 semanas; “B” indica el estado de la semillas (sin escarificar o escarificado) y “AB” indica la interacción de los dos factores. Valores en color indican resultado significativo al nivel de 0,05.



Tabla 2.9. Prueba T escarificación manual

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas		Prueba T		
		N	Media	Error típico		F	Sig.	gl	T	Sig. bilateral
<i>Arctotheca calendula</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	41,70	9,52	R	2,253	0,184	6	0,213	0,838
	2. Escarificación manual 2009	4	36,86	4,93	R					
<i>Arctotheca calendula</i>	1. Control oscuridad 2009	4	27,98	0,24	R	5,987	0,05	6	5,516	0,001
	2. Escarificación manual 2009	4	20,44	1,10	R					
<i>Cistus salvifolius</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	21,84	2,12	R	2,857	0,142	6	5,076	0,002
	2. Escarificación manual 2010	4	13,13	0,48	MR					
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	25,41	1,34	R	0,354	0,574	6	3,299	0,016
	2. Escarificación manual 2008	4	20,25	0,89	R					
<i>Otanthus maritimus</i>	1. Escarificación manual fotoperiodo 2010	2	17,50	3,50	R	0,476	0,528	4	1,250	0,279
	2. Escarificación manual oscuridad 2010	4	13,62	1,43	MR					
<i>Panicum repens</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	37,06	2,07	L	0,026	0,876	6	1,334	0,231
	2. Escarificación manual 2010	4	33,29	1,89	L					

(Continúa)

<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2009	4	43,84	2,01	L	3,194	0,124	6	10,29	<0,001
	2. Escarificación manual 2009	4	10,00	1,52	MR					
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	9,83	1,05	MR	0,012	0,915	6	-3,931	0,008
	2. Escarificación manual 2010	4	17,27	1,55	R					
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Control oscuridad 2009	2	24,25	0,25	R	2,637	0,180	4	4,663	0,01
	2. Escarificación manual 2010	4	11,35	1,18	MR					

Tabla 2.9. Resultados de la prueba T y de la prueba Levene de homogeneidad de varianzas para detectar diferencias significativas en el tiempo medio de germinación entre los ensayos control fotoperiodo u oscuridad y escarificación manual. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la Prueba T y de la prueba de homogeneidad de varianzas se han obtenido a partir de datos previamente transformados. Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30 días), L; lento (31-60 días), ML; muy lento (>60 días). Valores en color indican resultado significativo al nivel de 0,05.

Tabla 2.10. Anova t_m giberelinas

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas			ANOVA			Comparaciones a posteriori				
		N	Media	Error típico		gl	Levene	Sig.	gl	F	Sig.	1	2	3	4	
<i>Armeria pubigera</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	16,11	1,06	R	29	2,626	0,126	29	174,8	<0,001	1	-	•	•	
	2. Ga 0,1mM	4	6,17	0,14	MR							2	•	-		
	3. Ga 1mM	4	6,01	0,16	MR							3	•		-	
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	25,41	1,34	R	29	11,027	0,004	29	29,58	<0,001	1	-	•	•	
	2. Ga 0,1mM	4	18,55	0,25	R							2	•	-		
	3. Ga 1mM	4	18,72	0,28	R							3	•		-	
<i>Daphne gnidium</i>	1. Ga 0,1mM	4	31,77	1,40	L	29	0,436	0,66	29	13,52	0,002	1	-	•	•	
	2. Ga 1mM	4	26,69	1,84	R							2	•	-	•	
	3. Ga 5mM	4	21,22	1,00	R							3	•	•	-	
<i>Eryngium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 2010	-	-	-								1	-			
	2. Ga 0,1mM	-	-	-								2		-		
	3. Ga 1mM	-	-	-								3			-	
	4. Ga 5mM	-	-	-								4				-
<i>Euphorbia paralias</i>	1. Control fotoperiodo 2010	2	21,00	0	R	310	1,524	0,268	310	3,628	0,053	1	-			
	2. Ga 0,1mM	4	21,37	3,46	R							2		-		•
	3. Ga 1mM	4	23,21	1,63	R							3			-	•
	4. Ga 5mM	4	14,67	0,94	MR							4		•	•	-
<i>Glauucium flavum</i>	1. Control fotoperiodo 2010	4	40,50	7,57	L	29	4,335	0,048	29	0,966	0,417	1	-			
	2. Ga 0,1mM	4	38,60	2,03	L							2		-		
	3. Ga 1mM	4	30,66	1,72	R							3			-	

(Continúa)

Iberis procumbens	1. Control fotoperiodo 2010	4	31,98	2,32	L	2 9	3,51	0,075	2 9	12,35	0,003	1	-	•	•	
	2. Ga 0,1mM	4	23,52	1,00	R							2	•	-		
	3. Ga 1mM	4	21,94	1,00	R							3	•		-	
Linaria polygalifolia	1. Control fotoperiodo 2010	4	14,10	3,31	MR	3 12	4,617	0,023	3 12	15,79	<0,001	1	-			
	2. Ga 0,1mM	4	38,66	0,84	L							2		-	•	•
	3. Ga 1mM	4	27,10	0,60	R							3		•	-	•
	4. Ga 5mM	4	15,80	1,27	MR							4		•	•	-
Otanthus maritimus (o)	1. Ga 0,1mM	4	24,12	1,83	R	2 9	0,448	0,653	2 9	60,58	<0,001	1	-		•	
	2. Ga 1mM	4	25,43	1,91	R							2		-	•	
	3. Ga 5mM	4	9,10	0,64	MR							3	•	•	-	
Scolymus hispanicus	1. Control fotoperiodo 2010	4	9,83	1,06	MR	3 12	1,382	0,296	3 12	6,679	0,007	1	-	•		
	2. Ga 0,1mM	4	13,07	0,68	MR							2	•	-		•
	3. Ga 1mM	4	12,80	1,38	MR							3			-	•
	4. Ga 5mM	4	7,95	0,61	MR							4		•	•	-
Scrophularia frutescens	1. Control fotoperiodo 2010	4	42,18	1,68	L	2 9	1,193	0,347	2 9	160,1	<0,001	1	-	•	•	
	2. Ga 0,1mM	4	58,49	0,80	L							2	•	-	•	
	3. Ga 1mM	4	29,41	0,58	R							3	•	•	-	

Tabla 2.10. Resultados del ANOVA, de la prueba de homogeneidad de varianzas y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el tiempo medio de germinación entre ensayos control fotoperiodo y giberelinas 0,1, 1 y 5mM a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados del ANOVA y de la prueba de homogeneidad de varianzas y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: diferencia de medias significativa al nivel 0,05 según test DMS o test Games-Howel). Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30días), L; lento (31-60días), ML; muy lento (>60 días). -: Tratamiento excluido por inexistencia o por insuficiencia en el número de casos.



ANEXO ESTADÍSTICO
Capítulo III



Tabla 3.1. Anova nivel de germinación en salinidad (GS)

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparaciones a posteriori				
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.		1	2	3	4
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	75,72	6,00	3 12	362,08	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	23,57	5,13				2	•	-	•	•
	3. GS 300mM	4	0,00	0,00				3	•	•	-	
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•		-
<i>Cakile maritima</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	63,57	5,88	3 12	97,88	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	32,85	4,74				2	•	-		•
	3. GS 300mM	4	25,71	3,09				3	•		-	•
	4. GS 500mM	4	12,14	2,95				4	•	•	•	-
<i>Elymus farctus</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	71,4	2,02 ^a	3 12	273,85	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	32,14	4,79				2	•	-	•	•
	3. GS 300mM	4	8,57	3,08				3	•	•	-	•
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•	•	-
<i>Helichrysum picardii</i>	1. Control oscuridad 0mM	4	70,00	9,72	3 12	414,98	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	58,57	7,60				2	•	-	•	•
	3. GS 300mM	4	0,00	0,00				3	•	•	-	
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•		-
<i>Malcolmia littorea</i>	1. Control oscuridad 0mM	4	90,00	1,85	3 12	564,66	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	55,00	4,42				2	•	-	•	•
	3. GS 300mM	4	0,00	0,00				3	•	•	-	
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•		-

(Continúa)

<i>Medicago marina</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	67,86	6,21	3 12	299,19	<0,001	1	-		•	•
	2. GS 100mM	4	61,42	2,47				2		-	•	•
	3. GS 300mM	4	15,71	1,43				3	•	•	-	•
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•	•	-
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	50,72	2,15	3 12	194,04	<0,001	1	-		•	•
	2. GS 100mM	4	49,28	4,72				2		-	•	•
	3. GS 300mM	4	17,14	6,49				3	•	•	-	•
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•	•	-
<i>Pancreatium maritimum</i>	1. Control oscuridad 0mM	4	26,43	3,94	3 12	62,81	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	15,00	4,57				2	•	-	•	•
	3. GS 300mM	4	6,42	2,70				3	•	•	-	•
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•	•	-
<i>Petrothajia nanteuillii</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	99,29	0,72	3 12	908,26	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	91,43	3,87				2	•	-	•	•
	3. GS 300mM	4	2,14	2,14				3	•	•	-	
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•		-
<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	30,72	7,03	3 12	110,35	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	22,14	7,59				2	•	-	•	•
	3. GS 300mM	4	0,00	0,00				3	•	•	-	
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•		-

(Continúa)

Seseli tortuosum	1. Control oscuridad 0mM	4	36,43	3,37	3 12	132,67	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	20,00	4,04				2	•	-	•	•
	3. GS 300mM	4	0,00	0,00				3	•	•	-	
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•		-
Silene uniflora	1. Control fotoperiodo 0mM	4	98,57	0,83	3 12	321,78	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GS 100mM	4	7,14	2,47				2	•	-	•	•
	3. GS 300mM	4	0,00	0,00				3	•	•	-	
	4. GS 500mM	4	0,00	0,00				4	•	•		-

Tabla 3.1. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el **porcentaje de germinación** de doce especies de flora litoral bajo diferentes concentraciones salinas (0 a 500mM NaCl). Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: $p < 0,05$ según test DMS).



Tabla 3.2. Anova nivel de germinación semillas recuperadas (GR)

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparaciones a posteriori			
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.		1	2	3
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. GR 100mM	4	12,21	4,55	29	1,46	0,48	1	-		
	2. GR 300mM	4	16,42	2,95				2		-	
	3. GR 500mM	4	14,28	3,09				3			-
<i>Cakile maritima</i>	1. GR 100mM	4	41,46	4,77	29	10,88	0,004	1	-	•	
	2. GR 300mM	4	25,69	3,60				2	•	-	•
	3. GR 500mM	4	41,60	3,58				3		•	-
<i>Elymus farctus</i>	1. GR 100mM	4	26,29	5,25	29	9,82	0,007	1	-	•	•
	2. GR 300mM	4	43,27	4,90				2	•	-	
	3. GR 500mM	4	37,14	5,47				3	•		-
<i>Helichysum picardii</i>	1. GR 100mM	4	10,33	0,49	29	128,94	<0,001	1	-	•	•
	2. GR 300mM	4	69,28	3,37				2	•	-	•
	3. GR 500mM	4	51,42	2,33				3	•	•	-
<i>Malcolmia littorea</i>	1. GR 100mM	4	10,05	4,82	29	52,45	<0,001	1	-	•	•
	2. GR 300mM	4	41,43	3,40				2	•	-	
	3. GR 500mM	4	35,00	4,72				3	•		-
<i>Medicago marina</i>	1. GR 100mM	4	6,25	6,25	29	101,04	<0,001	1	-	•	•
	2. GR 300mM	4	49,33	3,90				2	•	-	•
	3. GR 500mM	4	32,85	4,74				3	•	•	-
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. GR 100mM	4	6,38	2,96	29	57,41	<0,001	1	-	•	•
	2. GR 300mM	4	29,63	4,03				2	•	-	
	3. GR 500mM	4	38,57	4,12				3	•		-

<i>Pancratium maritimum</i>	1. GR 100mM	4	0,78	0,78	29	14,79	0,001	1	-	•	•
	2. GR 300mM	4	6,96	1,02				2	•	-	
	3. GR 500mM	4	10,71	1,37				3	•		-
<i>Petrohragia nanteuilii</i>	1. GR 100mM	4	0,00	0,00	29	239,66	<0,001	1	-	•	•
	2. GR 300mM	4	59,97	4,20				2	•	-	
	3. GR 500mM	4	59,28	8,99				3	•		-
<i>Polygonum maritimum</i>	1. GR 100mM	4	14,32	6,83	29	6,22	0,045	1	-		•
	2. GR 300mM	4	18,57	1,84				2		-	
	3. GR 500mM	4	24,28	3,59				3	•		-
<i>Seseli tortuosum</i>	1. GR 100mM	4	20,83	2,41	29	5,76	0,056	1	-	•	
	2. GR 300mM	4	10,71	1,80				2	•	-	
	3. GR 500mM	4	14,28	1,17				3			-
<i>Silene uniflora</i>	1. GR 100mM	4	21,55	4,08	29	1,81	0,404	1	-		
	2. GR 300mM	4	22,14	3,57				2		-	
	3. GR 500mM	4	16,42	2,95				3			-

Tabla 3.2. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el **porcentaje de recuperación** de semillas transferidas a un medio no salino tras haber sido sometidas a diferentes concentraciones salinas (0 a 500mM NaCl). Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: $p < 0,05$ según test DMS).

Tabla 3.3. Anova nivel de germinación final tras salinidad y recuperación (GF)

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparaciones a posteriori				
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.		1	2	3	4
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	82,86	5,83	3 12	219,19	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GF 100mM	4	33,57	1,37				2	•	-	•	•
	3. GF 300mM	4	16,42	2,95				3	•	•	-	
	4. GF 500mM	4	14,28	3,09				4	•	•		-
<i>Cakile maritima</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	73,57	5,88	3 12	34,18	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GF 100mM	4	60,71	4,42				2	•	-	•	•
	3. GF 300mM	4	43,57	4,27				3	•	•	-	
	4. GF 500mM	4	48,57	4,21				4	•	•		-
<i>Elymus farctus</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	71,43	2,02	3 12	37,25	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GF 100mM	4	49,28	6,84				2	•	-		•
	3. GF 300mM	4	47,85	5,76				3	•		-	
	4. GF 500mM	4	37,14	5,47				4	•	•		-
<i>Helichrysum picardii</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	71,43	8,57	3 12	15,83	0,001	1	-			•
	2. GF 100mM	4	62,85	6,80				2		-		•
	3. GF 300mM	4	69,28	3,37				3			-	•
	4. GF 500mM	4	51,42	2,33				4	•	•	•	-
<i>Malcolmia litorea</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	90,00	1,84	3 12	130,67	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GF 100mM	4	59,28	5,00				2	•	-	•	•
	3. GF 300mM	4	41,43	3,40				3	•	•	-	
	4. GF 500mM	4	35,00	4,72				4	•	•		-

(Continúa)

<i>Medicago marina</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	67,86	6,21	3 12	44,58	<0,001	1	-		•	•
	2. GF 100mM	4	63,57	4,10				2		-		•
	3. GF 300mM	4	57,14	4,04				3	•		-	•
	4. GF 500mM	4	32,85	4,74				4	•	•	•	-
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	50,72	2,15	3 12	7,00	0,072	1	-			•
	2. GF 100mM	4	51,36	3,09				2		-		•
	3. GF 300mM	4	42,14	3,76				3			-	
	4. GF 500mM	4	38,57	4,12				4	•	•		-
<i>Pancreatium maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	26,43	3,94	3 12	13,92	0,003	1	-	•	•	•
	2. GF 100mM	4	15,71	4,29				2	•	-		
	3. GF 300mM	4	12,85	3,40				3	•		-	
	4. GF 500mM	4	10,71	1,37				4	•			-
<i>Petrohagia nanteuillii</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	99,29	0,72	3 12	142,06	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GF 100mM	4	91,43	3,87				2	•	-	•	•
	3. GF 300mM	4	60,71	4,58				3	•	•	-	
	4. GF 500mM	4	59,28	8,99				4	•	•		-
<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	41,43	6,44	3 12	19,39	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GF 100mM	4	27,14	5,28				2	•	-		
	3. GF 300mM	4	18,57	1,84				3	•		-	
	4. GF 500mM	4	24,28	3,59				4	•			-

(Continúa)

Seseli tortuosum	1. Control fotoperiodo 0mM	4	40,72	3,76	3	55,49	<0,001	1	-		•	•
	2. GF 100mM	4	36,43	4,86				2		-	•	•
	3. GF 300mM	4	10,71	1,80				3	•	•	-	
	4. GF 500mM	4	14,28	1,17				4	•	•		-
Silene uniflora	1. Control fotoperiodo 0mM	4	98,57	0,83	3	393,96	<0,001	1	-	•	•	•
	2. GF 100mM	4	27,14	4,44				2	•	-		•
	3. GF 300mM	4	22,14	3,57				3	•		-	
	4. GF 500mM	4	16,42	2,95				4	•	•		-

Tabla 3.3. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el **porcentaje final de germinación** de doce especies de flora litoral que estuvieron sometidas a diferentes concentraciones salinas (0 a 500mM NaCl) y fueron transferidas tras treinta días a un medio no salino durante otros treinta días. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: $p < 0,05$ según test DMS).



Tabla 3.4. Anova t_m salinidad (DMS y GH)

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas			ANOVA			Comparaciones a posteriori				
		N	Media	Error típico		gl	Levene	Sig.	gl	F	Sig.	1	2	3	4	
<i>Cakile maritima</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	13,73	0,89	MR	3 12	1,668	0,226	3 12	6,754	0,006	1	-	•		
	2. GS 100mM	4	8,45	1,75	MR							2	•	-		•
	3. GS 300mM	4	9,93	1,47	MR							3			-	•
	4. GS 500mM	4	16,00	0,82	R							4		•	•	-
<i>Elymus farctus</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	11,97	0,38	MR	2 8	1,543	0,271	2 8	5,714	0,029	1	-	•		
	2. GS 100mM	4	15,16	0,83	MR							2	•	-	•	
	3. GS 300mM	4	12,12	1,06	MR							3		•	-	
	4. GS 500mM	4	-	-								4				-
<i>Medicago marina</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	11,06	0,77	MR	2 9	0,956	0,420	2 9	37,69	<0,001	1	-	•	•	
	2. GS 100mM	4	18,02	1,07	R							2	•	-		
	3. GS 300mM	4	21,06	0,54	R							3	•		-	
	4. GS 500mM	4	-	-								4				-
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	7,88	0,67	MR	2 8	5,225	0,035	2 8	26,48	<0,001	1	-	•	•	
	2. GS 100mM	4	16,24	2,01	R							2	•	-		
	3. GS 300mM	4	21,10	0,94	R							3	•		-	
	4. GS 500mM	4	-	-								4				-

(Continúa)

<i>Pancreatium maritimum</i>	1. Control fotoperíodo 0mM	4	12,56	0,75	MR	2	2,076	0,181	2	15,96	<0,001	1	-	•	•						
	2. GS 100mM	4	17,70	2,51	R							9	2	9	15,96	<0,001	2	•	-	•	
	3. GS 300mM	4	26,50	1,84	R							9	2	9	15,96	<0,001	3	•	•	-	
	4. GS 500mM	4	-	-								9	2	9	15,96	<0,001	4				-

Tabla 3.4. Resultados del ANOVA de la prueba de homogeneidad de varianzas y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el **tiempo medio de germinación** entre ensayos con diferente concentración salina (0 a 500mM de NaCl) a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados del ANOVA y de la prueba de homogeneidad de varianzas y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: diferencia de medias significativa al nivel 0,05 según test DMS o test Games-Howel). Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30días), L; lento (31-60días), ML; muy lento (>60 días).



Tabla 3.5. Anova t_m salinidad (prueba T)

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas		Prueba T		
		N	Media	Error típico		F	Sig.	g	T	Sig. bilateral
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	9,28	0,76	MR	1,049	0,345	6	-8,98	<0,001
	2. GS 100mM	4	21,74	1,13	R					
<i>Helichrysum picardii</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	12,86	1,03	MR	0,155	0,707	6	0,738	0,488
	2. GS 100mM	4	11,81	1,00	MR					
<i>Malcolmia littorea</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	5,16	0,13	MR	11,680	0,014	3	-3,96	0,023
	2. GS 100mM	4	7,81	0,75	MR					
<i>Petrorhagia nanteuillii</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	4,06	0,04	MR	0,740	0,423	6	-30,479	<0,001
	2. GS 100mM	4	7,33	0,11	MR					
<i>Polygonum maritimum</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	21,96	1,47	R	4,192	0,087	6	1,084	0,320
	2. GS 100mM	4	17,60	3,62	R					
<i>Seseli tortuosum</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	24,03	0,53	R	0,059	0,816	6	-0,560	0,596
	2. GS 100mM	4	24,52	0,67	R					
<i>Silene uniflora</i>	1. Control fotoperiodo 0mM	4	9,54	0,33	MR	2,327	0,178	6	-12,89	<0,001
	2. GS 100mM	4	22,50	1,24	R					

Tabla 3.5. Resultados de la prueba T y de la prueba Levene de homogeneidad de varianzas para detectar diferencias significativas en el **tiempo medio de germinación** entre ensayos control (0mM de NaCl) y ensayos de germinación con una baja concentración salina (100mM de NaCl), a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la Prueba T y de la prueba de homogeneidad de varianzas se han obtenido a partir de datos previamente transformados. Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30 días), L; lento (31-60 días), ML; muy lento (>60 días). Valores sombreados indican resultado significativo al nivel de 0,05

Tabla 3.6. Anova t_m recuperadas (DMS y GH)

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas			ANOVA			Comparaciones a posteriori			
		N	Media	Error típico		gl	Levene	Sig.	gl	F	Sig.	1	2	3	
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. GR 100mM	4	11,36	1,12	MR	29	2,472	0,139	29	1,29	0,322	1	-		
	2. GR 300mM	4	14,19	2,90	MR							2		-	
	3. GR 500mM	4	9,61	1,54	MR							3			-
<i>Cakile maritima</i>	1. GR 100mM	4	10,97	1,38	MR	29	5,204	0,031	29	0,92	0,433	1	-		
	2. GR 300mM	4	9,47	1,47	MR							2		-	
	3. GR 500mM	4	8,64	0,37	MR							3			-
<i>Elymus farctus</i>	1. GR 100mM	4	10,07	0,85	MR	29	0,669	0,536	29	11,38	0,003	1	-		•
	2. GR 300mM	4	11,83	0,84	MR							2		-	•
	3. GR 500mM	4	15,22	0,52	MR							3	•	•	-
<i>Helichrysum picardii</i>	1. GR 100mM	4	13,00	3,98	MR	29	7,495	0,012	29	2,48	0,138	1	-		
	2. GR 300mM	4	5,43	0,23	MR							2		-	
	3. GR 500mM	4	9,42	1,55	MR							3			-
<i>Malcolmia littorea</i>	1. GR 100mM	4	15,83	0,16	MR	28	2,388	0,154	28	2,93	0,111	1	-		•
	2. GR 300mM	4	13,96	1,44	MR							2		-	
	3. GR 500mM	4	12,01	0,81	MR							3	•		-
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. GR 100mM	4	10,44	1,55	MR	28	4,214	0,056	28	1,94	0,205	1	-		
	2. GR 300mM	4	7,91	0,92	MR							2		-	
	3. GR 500mM	4	9,85	0,32	MR							3			-

(Continúa)

<i>Polygonum maritimum</i>	1. GR 100mM	4	10,25	0,90	MR	28	0,074	0,93	28	15,08	0,002	1	-	•	•
	2. GR 300mM	4	18,47	1,13	R							2	•	-	•
	3. GR 500mM	4	13,94	0,99	MR							3	•	•	-
<i>Seseli tortuosum</i>	1. GR 100mM	4	10,63	1,46	MR	29	1,132	0,364	29	0,345	0,717	1	-	•	•
	2. GR 300mM	4	11,62	2,09	MR							2	•	-	•
	3. GR 500mM	4	12,43	0,74	MR							3	•	•	-
<i>Silene uniflora</i>	1. GR 100mM	4	11,94	1,27	MR	29	2,98	0,102	29	3,78	0,064	1	-		•
	2. GR 300mM	4	13,62	2,12	MR							2		-	
	3. GR 500mM	4	17,75	0,32	R							3	•		-

Tabla 3.6. Resultados del ANOVA de la prueba de homogeneidad de varianzas y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el **tiempo medio de germinación** de semillas recuperadas tras ser sometidas previamente a diferentes concentraciones salinas (0 a 500mM de NaCl) a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados del ANOVA y de la prueba de homogeneidad de varianzas y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: diferencia de medias significativa al nivel 0,05 según test DMS o test Games-Howel). Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-15 días), R; rápido (16-30días), L; lento (31-60días), ML; muy lento (>60 días).

Tabla 3.7. Anova t_m recuperadas (prueba T)

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas		Prueba T		
		N	Media	Error típico		F	Sig.	gl	T	Sig. bilateral
<i>Medicago marina</i>	1. GR 300mM	4	11,81	1,05	MR	1,766	0,232	6	-0,09	0,926
	2. GR 500mM	4	12,06	1,68	MR					
<i>Pancratium maritimum</i>	1. GR 300mM	4	6,50	0,95	MR	0,037	0,854	6	-0,57	0,587
	2. GR 500mM	4	7,28	0,97	MR					
<i>Petrorhagia nanteuillii</i>	1. GR 300mM	4	10,10	0,64	MR	6,567	0,043	3,4	-2,99	0,049
	2. GR 500mM	4	12,17	0,18	MR					

Tabla 3.7. Resultados de la prueba T y de la prueba Levene de homogeneidad de varianzas para detectar diferencias significativas en el tiempo medio de germinación entre ensayos de germinación de semillas recuperadas tras estar sometidas a diferentes concentraciones salinas, a los 60 días de estudio. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la Prueba T y de la prueba de homogeneidad de varianzas se han obtenido a partir de datos previamente transformados. Valores sombreados indican resultado significativo al nivel de 0,05.

Tabla 3.8. Correlación entre germinación y concentración salina

Especies	a	b	R ²	F	Significación	Error	n
<i>Artemisia crithmifolia</i>	87,49	-25,071	0,7835	50,67	5,1841E-06	3,52	4
<i>Cakile maritima</i>	73,92	-16,14	0,7911	53,03	4,0187E-06	2,21	4
<i>Elymus farctus</i>	87,49	-23,79	0,8917	115,24	3,8518E-08	2,21	4
<i>Helichrysum picardii</i>	99,28	-26,85	0,7748	48,15	6,8801E-06	3,87	4
<i>Malcolmia littorea</i>	117,49	-32,49	0,8894	112,63	4,448E-08	3,06	4
<i>Medicago marina</i>	98,56	-24,92	0,8855	108,25	5,704E-08	2,39	4
<i>Oenothera glazioviana</i>	75,35	-18,42	0,8198	63,68	1,409E-06	2,30	4
<i>Pancratium maritimum</i>	33,92	-8,78	0,7374	39,32	2,054E-05	1,40	4
<i>Petrorhagia nanteuillii</i>	145	-38,71	0,8342	70,45	7,791E-07	4,61	4
<i>Polygonum maritimum</i>	41,78	-11,42	0,6199	22,65	0,0003046	2,40	4
<i>Seseli tortuosum</i>	46,42	-12,92	0,8241	65,58	1,187E-06	1,59	4
<i>Silene uniflora</i>	102,14	-30,28	0,6557	26,66	0,0001439	5,86	4

Tabla 3.8. Relación entre las distintas concentraciones salinas (X) y el nivel de germinación (%G = Y). $Y = a + b \cdot X$. Donde X toma valores 0; 100; 300; 500 mM. R² = coeficiente de correlación lineal, F = coeficiente-F, significación = p (p-valor), n = tamaño de la muestra, significación del 95 %.



ANEXO ESTADÍSTICO

Capítulo IV



Tabla 4.1. Anova nivel de emergencia en superficie y profundidad

Especie	Tratamiento	Descriptivos			ANOVA			Comparaciones a posteriori		
		N	Media	Error típico	gl	Chi ²	Sig.		1	2
<i>Arctotheca calendula</i>	1. Emergencia superficie	4	7,00	1,91	1	0,19	0,659	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	9,00	3,00	6			2		-
<i>Armeria pubigera</i>	1. Emergencia superficie	4	18,00	7,02	1	11,48	0,001	1	-	•
	2. Emergencia profundidad	4	3,00	1,91	6			2	•	-
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Emergencia superficie	4	5,00	3,79	1	0,32	0,574	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	3,00	3,00	6			2		-
<i>Cakile maritima</i>	1. Emergencia superficie	4	2,00	2,00	1	0,00	1,00	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	2,00	2,00	6			2		-
<i>Cistus salvifolius</i>	1. Emergencia superficie	4	22,00	4,76	1	0,61	0,434	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	17,00	1,91	6			2		-
<i>Corema album</i>	1. Emergencia superficie	4	0,00	-	-	-	-	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	0,00	-	-	-	-	2		-
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Emergencia superficie	4	6,00	2,58	1	0,80	0,37	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	3,00	1,91	6			2		-
<i>Daphne gnidium</i>	1. Emergencia superficie	4	5,00	2,52	1	0,35	0,552	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	3,00	1,91	6			2		-
<i>Elymus farctus</i>	1. Emergencia superficie	4	20,00	3,65	1	25,51	<0,001	1	-	•
	2. Emergencia profundidad	4	53,00	4,43	6			2	•	-
<i>Eryngium maritimum</i>	1. Emergencia superficie	4	10,00	4,76	1	9,43	0,002	1	-	•
	2. Emergencia profundidad	4	25,00	4,43	6			2	•	-

(Continúa)

<i>Euphorbia paralias</i>	1. Emergencia superficie	4	27,00	9,98	1	1,63	0,202	1	-	-
	2. Emergencia profundidad	4	34,00	3,46	6			2	-	-
<i>Glaucium flavum</i>	1. Emergencia superficie	4	23,00	9,00	1	0,69	0,405	1	-	-
	2. Emergencia profundidad	4	18,00	5,29	6			2	-	-
<i>Helichysmum picardii</i>	1. Emergencia superficie	4	25,00	8,54	1	33,20	<0,001	1	-	•
	2. Emergencia profundidad	4	0,00	0,00	6			2	•	-
<i>Iberis procumbens</i>	1. Emergencia superficie	4	64,00	2,83	1	27,31	<0,001	1	-	•
	2. Emergencia profundidad	4	29,00	7,00	6			2	•	-
<i>Linaria polygalifolia</i>	1. Emergencia superficie	4	31,00	4,73	1	38,86	<0,001	1	-	•
	2. Emergencia profundidad	4	2,00	2,00	6			2	•	-
<i>Malcolmia littorea</i>	1. Emergencia superficie	4	62,00	14,28	1	41,17	<0,001	1	-	•
	2. Emergencia profundidad	4	21,00	1,00	6			2	•	-
<i>Medicago marina</i>	1. Emergencia superficie	4	9,00	3,42	1	2,95	0,086	1	-	-
	2. Emergencia profundidad	4	17,00	6,40	6			2	-	-
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Emergencia superficie	4	2,00	2,00	1	0,17	0,679	1	-	-
	2. Emergencia profundidad	4	3,00	1,00	6			2	-	-
<i>Otanthus maritimus</i>	1. Emergencia superficie	4	1,00	1,00	1	0,51	0,474	1	-	-
	2. Emergencia profundidad	4	3,00	1,00	6			2	-	-
<i>Pancreatum maritimum</i>	1. Emergencia superficie	4	25,00	8,06	1	0,09	0,763	1	-	-
	2. Emergencia profundidad	4	26,00	3,46	6			2	-	-
<i>Panicum repens</i>	1. Emergencia superficie	4	0,00	0,00	1	0,44	0,509	1	-	-
	2. Emergencia profundidad	4	2,00	2,00	6			2	-	-
<i>Petrophagia nanteuillii</i>	1. Emergencia superficie	4	31,00	2,52	1	0,05	0,818	1	-	-
	2. Emergencia profundidad	4	30,00	7,39	6			2	-	-

<i>Polygonum maritimum</i>	1. Emergencia superficie	4	12,00	4,32	1	6,88	0,009	1	-	•
	2. Emergencia profundidad	4	2,00	2,00	6			2	•	-
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Emergencia superficie	4	2,00	1,15	1	0,13	0,721	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	1,00	1,00	6			2		-
<i>Scrophularia frutescens</i>	1. Emergencia superficie	4	7,00	4,73	1	2,52	0,113	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	1,00	1,00	6			2		-
<i>Seseli tortuosum</i>	1. Emergencia superficie	4	42,00	8,72	1	16,59	<0,001	1	-	•
	2. Emergencia profundidad	4	66,00	11,60	6			2	•	-
<i>Silene uniflora</i>	1. Emergencia superficie	4	0,00	-	1	-	-	1	-	
	2. Emergencia profundidad	4	0,00	-	6			2		-

Tabla 4.1. Resultados del ANOVA con contraste Chi-cuadrado y de las comparaciones *post hoc* (*a posteriori*) para detectar diferencias significativas en el **nivel de emergencia entre semillas sembradas en superficie y en profundidad** de veintisiete especies de flora litoral en campo bajo las condiciones naturales de su propio hábitat. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la prueba ANOVA y comparaciones *post hoc* se han obtenido a partir de datos previamente transformados. (•: $p < 0,05$ según test DMS).

Tabla 4.2. Anova tiempo medio de emergencia en superficie y profundidad (prueba T)

Especie	Tratamiento	Descriptivos			Rg	Homogeneidad de varianzas		Prueba T		
		N	Media	Error típico		F	Sig.	gl	T	Sig. bilateral
<i>Arctotheca calendula</i>	1. Superficie	4	42,37	17,15	R	0,018	0,896	6	-0,813	0,447
	2. Profundidad	4	67,43	24,49	L					
<i>Armeria pubigera</i>	1. Superficie	4	18,00	0,00	MR	9E+016	<0,001	4	-3,50	0,025
	2. Profundidad	2	63,00	30,00	L					
<i>Artemisia crithmifolia</i>	1. Superficie	2	33,00	-	R	-	-	-	-	-
	2. Profundidad	1	121,00	-	ML					
<i>Cakile maritima</i>	1. Superficie	1	18,00	-	MR	-	-	-	-	-
	2. Profundidad	1	77,00	-	L					
<i>Cistus salvifolius</i>	1. Superficie	4	35,64	2,64	R	2,076	0,2	6	-1,792	0,123
	2. Profundidad	4	50,99	7,38	R					
<i>Crithmum maritimum</i>	1. Superficie	3	63,00	0,00	L	2E+017	<0,001	1	-16,36	0,039
	2. Profundidad	2	142,00	7,00	ML					

(Continúa)

<i>Daphne gnidium</i>	1. Superficie	3	59,66	9,27	R	1,116	0,368	3	-3,45	0,041
	2. Profundidad	2	121,00	14,00	ML					
<i>Elymus farctus</i>	1. Superficie	4	97,00	5,12	L	0,001	0,976	6	0,056	0,957
	2. Profundidad	4	96,73	5,97	L					
<i>Eryngium maritimum</i>	1. Superficie	4	154,83	3,49	ML	0,246	0,637	6	-1,460	0,195
	2. Profundidad	4	161,95	3,49	ML					
<i>Euphorbia paralias</i>	1. Superficie	4	145,50	3,50	ML	4,941	0,068	6	-3,83	0,009
	2. Profundidad	4	160,27	0,97	ML					
<i>Glaucium flavum</i>	1. Superficie	4	79,29	12,32	L	0,708	0,432	6	-0,41	0,694
	2. Profundidad	4	91,06	18,60	L					
<i>Helichrysum picardii</i>	1. Superficie	4	33,00		R	-	-	-	-	
	2. Profundidad	-								
<i>Iberis procumbens</i>	1. Superficie	4	29,40	0,77	MR	3,923	0,095	6	-1,653	0,150
	2. Profundidad	4	34,40	2,92	R					
<i>Linaria polygalifolia</i>	1. Superficie	4	78,15	12,82	L	-	-	-	-	
	2. Profundidad	1	112,50		L					

(Continúa)

<i>Malcolmia littorea</i>	1. Superficie	4	18,79	3,37	MR	1,28	0,301	6	-0,116	0,911
	2. Profundidad	4	21,22	6,63	MR					
<i>Medicago marina</i>	1. Superficie	3	98,08	22,61	L	2,187	0,199	5	1,254	0,265
	2. Profundidad	4	59,91	21,60	R					
<i>Oenothera glazioviana</i>	1. Superficie	1	91,50		L	-	-	-	-	
	2. Profundidad	3	130,33	4,66	ML					
<i>Otanthus maritimus</i>	1. Superficie	1	121,00		ML	-	-	-	-	
	2. Profundidad	3	121,00	0,00	ML					
<i>Pancratium maritimum</i>	1. Superficie	4	129,45	10,18	ML	2,404	0,172	6	0,344	0,743
	2. Profundidad	4	125,00	2,83	ML					
<i>Panicum repens</i>	1. Superficie	-				-	-	-	-	
	2. Profundidad	1	33,00		R					
<i>Petrohagia nanteuilii</i>	1. Superficie	4	11,85	0,90	MR	8,91	0,024	6	1,698	0,156
	2. Profundidad	4	10,17	0,39	MR					

(Continúa)

<i>Polygonum maritimum</i>	1. Superficie	3	104,83	23,51	L	-	-	-	-	
	2. Profundidad	1	128,00		ML					
<i>Scolymus hispanicus</i>	1. Superficie	2	91,50		L	-	-	-	-	
	2. Profundidad	1	78,00		L					
<i>Scrophularia frutescens</i>	1. Superficie	2	133,60		ML	-	-	-	-	
	2. Profundidad	1	121,00		ML					
<i>Seseli tortuosum</i>	1. Superficie	4	68,91	11,33	L	10,198	0,019	4,9	0,368	0,728
	2. Profundidad	4	62,39	6,26	L					

Tabla 4.2. Resultados de la prueba T y de la prueba Levene de homogeneidad de varianzas para detectar diferencias significativas en el **tiempo medio de germinación** entre los ensayos de **emergencia de plántulas desde siembra en superficie y profundidad**. Los valores descriptivos se corresponden con los datos sin transformar, y los resultados de la Prueba T y de la prueba de homogeneidad de varianzas se han obtenido a partir de datos previamente transformados. Rg se corresponde con el ritmo de germinación en base a los datos del tiempo medio de germinación no transformados: MR; muy rápido (1-30 días), R; rápido (31-60 días), L; lento (61-120 días), ML; muy lento (>120 días). *Corema album* y *Silene uniflora* no se representan por ausencia de emergencia. Valores sombreados indican resultado significativo al nivel de 0,05.







La flora litoral desempeña una función capital en el mantenimiento de los sistemas costeros, uno de los ecosistemas más vulnerables de nuestro territorio con diferentes tipos de hábitats de interés para conservación y/o prioritarios según la Directiva Hábitats europea; bien representados en Galicia. Se ha analizado la germinación de veintisiete especies características de hábitats de litoral atlántico, con el objetivo de contribuir al conocimiento de su funcionamiento, como base para su conservación. Se ha estudiado el efecto de la luz, variabilidad interanual, almacenamiento, salinidad y técnicas de incremento de la germinación, así como emergencia de plántulas en su propio medio natural.

