

Artigo

Elvira A. Díaz Vizcaíno · Diego Val Mouriño

Estudio de la germinación de las semillas de dos especies amenazadas de Galicia: *Armeria merinoi* (Bernis) Nieto Fel. & Silva Pando y *Santolina melidensis* (Rodr. Oubiña & S. Ortíz) Rodr. Oubiña & S. Ortiz. Efecto de la luz y el fuego (calor y cenizas).

Recibido: 20 novembro 2013 / Aceptado: 18 decembro 2015
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2015

Resumen Se ha estudiado la producción y la germinación de semillas de dos especies endémicas y amenazadas de Galicia, analizando el efecto de la luz y del fuego (calor y suelo quemado, cenizas), para tratar de averiguar si afectan a su rareza. *Armeria merinoi* y *Santolina melidensis* presentan una elevada producción de semillas sanas y una germinación elevada y rápida, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, por lo que el mantenimiento de un banco de semillas en el suelo, que contribuya al mantenimiento de las poblaciones, parece poco probable. Las dos especies difieren en su vulnerabilidad ante el calor de un incendio forestal, comparable a la de otras especies estudiadas en Galicia en *Armeria merinoi*, mayor en *Santolina melidensis*. El efecto de las cenizas del suelo quemado sobre la germinación de las semillas resulta también diferente en ambas especies, puesto que en *Armeria merinoi* no afecta ni al nivel ni al ritmo de germinación, mientras que en *Santolina melidensis* sí, incrementándolos, lo que indica un efecto fisiológico de las sustancias que puedan contener. El fuego (temperatura) reduce la germinación de las semillas de las dos especies, afectando a su viabilidad, favoreciendo con posterioridad (suelo quemado) la rápida germinación de las semillas viables restantes de *Santolina melidensis*.

Palabras clave endemismo, viabilidad de semillas, banco de semillas, conservación

Abstract We studied seed production and germination of two threatened endemic species from Galicia, analyzing both light and fire (heat and soil burned, ash) effects, to assess whether these factors affect their rarity. *Armeria merinoi* and *Santolina melidensis* showed elevated healthy-seed production and high and fast germination, both in photoperiod and darkness. Thus, the maintenance of a soil seed bank contributing to maintaining populations seems unlikely in the study species. Heat vulnerability during fire events differed according to the species. Sensitivity in *Armeria merinoi* is similar to what has been previously reported for other species from Galicia. However, the sensitivity observed in *Santolina melidensis* was higher. The effect of adding ashes from burned soils also varied between the species, in such way that germination rate and level resulted affected in *Santolina melidensis*, but not in *Armeria merinoi*. This fact suggests the existence of substances contained in ash, which can somehow affect physiological processes.

Fire reduces initially seed germination and their viability in both species, favouring a posteriori the fast germination of the remaining viable seeds of *Santolina melidensis* via the ashes in the burned soil.

Key words endemism, seed viability, soil seed bank, conservation

Elvira A. Díaz Vizcaíno · Diego Val Mouriño

Dpto. Botánica. Escuela Politécnica Superior, Universidade de Santiago de Compostela, Campus Universitario, 27002 Lugo, España.

Tel: (34) 982 8 22 439, Fax: 982 8 22 486

E-mail: elvira.diaz@usc.es

Introducción

La germinación y el establecimiento de plántulas son dos etapas muy vulnerables en el ciclo de vida de las plantas, de modo que una detallada información de las diferentes etapas del ciclo reproductivo de las plantas raras, endémicas o amenazadas puede contribuir a conocer las

causas de dicha rareza, así como contribuir a su gestión para conservación (Schemske *et al.* 1994). Para conservar una planta amenazada en su propio hábitat natural, se hace necesario obtener información básica sobre la ruptura de la dormición de sus semillas, germinación y establecimiento de plántulas (Navarro & Guitián 2003, Copete *et al.* 2005, Herranz *et al.* 2010) y también sobre la formación de un banco de semillas que pueda contribuir al mantenimiento de una población, especialmente cuando la producción de semillas es escasa o tras una extinción local (Leckey *et al.* 1989; Baskin & Baskin 1998).

En este sentido, el efecto de la luz sobre la germinación y su prevención en oscuridad guardan relación con la formación de un banco de semillas en el suelo más o menos permanente (Baskin & Baskin 1998), y el efecto de las temperaturas elevadas que pueden alcanzarse en el suelo en un incendio forestal permiten determinar las variaciones que pueden producirse en el mismo (Keeley *et al.* 1985; Keeley 1987; Trabaud & Oustric 1989; Baskin & Baskin 1998, 2004); lo que resulta de especial interés en Galicia en el caso de las especies de hábitats forestales, en los que los incendios constituyen una importante perturbación, puesto que se trata de la comunidad con mayor afición de fuego de todo el territorio español (MAGRAMA 2012). En los estudios sobre el efecto del fuego sobre la germinación de las semillas en Galicia (González-Rabanal & Casal 1995; Díaz-Vizcaíno & Iglesia 2005; Díaz-Vizcaíno *et al.* 2006; Rivas *et al.* 2006a,b; Reyes & Trabaud 2009; Iglesia 2011) se han analizado una importante proporción de las especies forestales, algunas de ellas raras, y se hace necesario completarlos con otros grupos de especies, como las amenazadas, lo que permitirá conocer si su germinación resulta afectada de manera similar a las ya conocidas.

Además, los estudios de germinación de semillas de las especies de plantas de interés para conservación son necesarios en las estrategias de conservación *ex situ*, entre ellas las relativas a la gestión de bancos de germoplasma, contribuyendo tanto a la elaboración de protocolos de conservación eficaces como a la obtención de nuevas plantas, por ejemplo para reintroducción (Bacchetta *et al.* 2008).

Por eso, con frecuencia se considera este tipo de estudios sobre la ecología de la germinación como una de las actuaciones necesarias a desarrollar en los planes de conservación o recuperación de plantas amenazadas (BOA 2003a,b; BOR 2005; BOC 2009). En Galicia, con más de 50 plantas en peligro o vulnerables no se ha desarrollado hasta el momento ninguno de los correspondientes planes.

El objetivo del presente estudio es contribuir al conocimiento de la biología de especies amenazadas de Galicia, a través del estudio de la producción de semillas y de su potencialidad germinativa según su distribución en la superficie del suelo (fotoperiodo), o en profundidad (oscuridad) y evaluar el efecto del fuego (temperatura y suelo quemado, cenizas) en la germinación y viabilidad de sus semillas. La hipótesis que se plantea es que alguna de dichas características puede contribuir a su rareza y que el fuego puede ser un factor de amenaza de dichas especies.

Material y métodos

Material vegetal

Las especies seleccionadas para la realización del presente estudio son endémicas y amenazadas de Galicia. Se trata de *Armeria merinoi* (Bernis) Nieto Fel. & Silva Pando y *Santolina melidensis* (Rodr. Oubiña & S. Ortiz) Rodr. Oubiña & S. Ortiz de las que a continuación se detallan sus características más relevantes.

A. merinoi es una planta vivaz que pertenece a la familia de las Plumbagináceas, que está incluida en la "Lista Vermella da Flora Vasculiar Galega" (Izco *et al.* 2003), recogida en la categoría En Peligro Crítico CR B1ab(iii)+2ab(iii) de la UICN tanto a nivel mundial como español, tal como refleja el Libro Rojo de la Flora Vasculiar Amenazada de España (Bañares *et al.* 2004), y En Peligro de Extinción en el Catálogo Galego de Especies Ameazadas.

S. melidensis es un arbusto postrado, perteneciente a la familia de las Asteráceas, que está también incluida en la "Lista Vermella da Flora Vasculiar Galega" (Izco *et al.* 2003), también está catalogada tanto a nivel mundial como para España según la UICN como En Peligro Crítico, CR B1ab(ii,iii,v)+2ab(ii,iii,v), y también se encuentra incluida en el Catálogo Galego de Especies Ameazadas como En Peligro de Extinción.

Ambas especies se encuentran en el centro de Galicia sobre suelos desarrollados sobre serpentinitas, caracterizados por su escasa fertilidad, relacionada con el exceso de magnesio y el alto contenido en elementos tóxicos.

Las inflorescencias de las dos especies fueron recogidas en octubre de 2011 en dos poblaciones, una de los Montes da Costa de Barazón y el Monte das Estivadas en el ayuntamiento de Santiso (A Coruña) y otra en el Monte de Basadre en el de Palas de Rei (Lugo). Atendiendo a las condiciones de la autorización del Servicio de Conservación da Biodiversidade de la Xunta de Galicia, las inflorescencias se han recogido en un total de 25 ejemplares aparentemente sanos y vigorosos y separados entre sí, dos o cuatro predominantes y maduras en cada uno, y se han almacenado en bolsas de papel en ambiente seco y en oscuridad en el laboratorio, hasta la realización de los tratamientos.

Realización de los ensayos

Para evaluar la producción y el estado de las semillas se ha procedido a analizar con lupa binocular 10 inflorescencias de cada especie recolectadas individualmente, separando los frutos y contando las aparentemente llenas y bien desarrolladas, las vacías, así como las comidas por albergar característicamente una larva de insecto (infectadas).

Teniendo en cuenta la limitación en la disponibilidad de semillas, en el diseño experimental, tanto en el número de

semillas por réplica, como en el número de réplicas por tratamiento, se ha tenido la precaución de no utilizar más semillas que las estrictamente necesarias para poder realizar un correcto tratamiento estadístico de los resultados. Por ello, en cada tratamiento y para cada especie se han preparado únicamente tres réplicas de 20 semillas aparentemente sanas y bien desarrolladas.

Para el estudio del efecto de la luz sobre la germinación las semillas se han puesto a germinar en condiciones de fotoperiodo (22-16°C, con 16 horas de luz y 8 de oscuridad), y de oscuridad, sin ningún tratamiento previo, con el fin de analizar la germinación de las semillas recién producidas.

Para el estudio del efecto del fuego (calor) sobre la germinación, se han aplicado siete tratamientos (control y seis tratamientos térmicos), utilizando una estufa de aire forzado (Selecta Digitronic), en la que se han introducido de manera independiente los paquetes (réplicas) con las semillas, colocados por especie y tratamiento aleatoriamente en el centro de la estufa. Se han sometido las semillas a 80°C, 110°C y 150°C durante 5 y 15 minutos en cada caso, que se han considerado como choques térmicos de intensidad suave, media y fuerte respectivamente. Estas temperaturas se corresponden con el rango de las registradas por Díaz-Fierroset *al.* (1990), Soto (1993); Cascudo (1997) y Díaz-Fierros (2006), en matorrales del noroeste de la Península Ibérica, los cuales muestran que, tanto en quemaduras controladas como en incendios suaves en Galicia, la temperatura alcanzada en la superficie del suelo puede no superar los 100°C, y han sido ensayadas en estudios sobre el efecto del fuego (temperatura) sobre la germinación de diferentes especies (González-Rabanal & Casal, 1995; Herranz *et al.* (1998), Díaz-Vizcaíno & Iglesia, 2005; Díaz-Vizcaíno *et al.*, 2006;

Rivas *et al.* (2006), Reyes & Trabaud, 2009), permitiendo así establecer de modo general dicho efecto.

Para el estudio del efecto del fuego (cenizas), se ha analizado la influencia del propio tipo de suelo, característico del hábitat de las especies estudiadas (suelo no quemado), así como del mismo tipo de suelo tras incendio forestal (suelo quemado), que se han comparado con la germinación control. Para ello, en la misma época de recolección de las semillas, y en la misma zona, se ha recogido una cantidad suficiente de los primeros centímetros de suelo. fundamentalmente cenizas, en una zona quemada recientemente (transcurrido menos de un mes y sin que se haya producido lavado por precipitaciones) en el área de estudio, así como en otra no quemada. Los suelos se han almacenado en seco en el laboratorio hasta la realización de los ensayos, momento en el que se ha colocado una fina capa de cada suelo (3 g) en las placas de ensayo, sobre la cual se han colocado las semillas.

Tanto en el control como en todos los tratamientos térmicos se han realizado pruebas de viabilidad de las semillas, utilizando para ello el test de tetrazolio (cloruro de 2, 3, 5, -trifenil-tetrazolio) (ISTA 1985, 1999), preparando lotes de 30 semillas de cada especie en cada tratamiento. Se ha adoptado el criterio de considerar viables aquellas semillas que presentaban una tinción rosada - roja, criterio que no ha ofrecido dificultad de interpretación en las especies estudiadas (figura 1).

Todos los ensayos se realizaron en el primer año tras la recolección de las semillas. Los correspondientes al efecto de la luz y las cenizas en los primeros meses de almacenamiento (2-4) y los del efecto de la temperatura con posterioridad (8 meses).

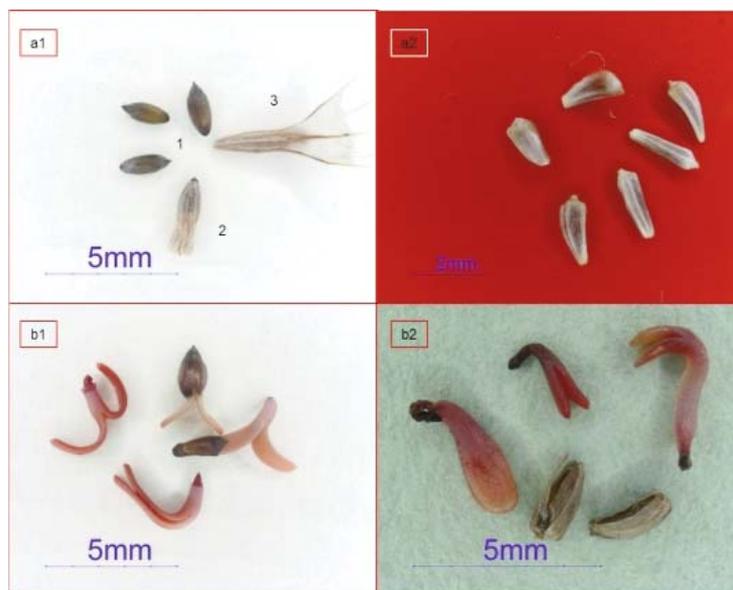


Figura 1.- Morfología de frutos y semillas de las especies estudiadas, a1) frutos de *A. merinoi* (1: semilla, 2: fruto, 3: flor), a2) frutos de *S. melidensis*, b1) tinción de las semillas viables de *A. merinoi*, b2) tinción de las semillas viables de *S. melidensis*

Una vez realizados los tratamientos se han colocado las semillas en placas Petri con doble capa de papel de filtro en bandejas en una cámara de ambiente controlado disponible en el RIAIDT (Rede de Infraestructuras de Apoyo á Investigación e ao Desenvolvemento Tecnolóxico) del *campus* de Lugo, en el que se han simulado las condiciones óptimas que tendrían las semillas en primavera o principios de verano, cuando se producen la mayoría de los incendios, o incluso en otoño tras los mismos, manteniéndolas a una humedad del 80%, en condiciones de fotoperiodo (luz (16 horas), y de oscuridad (8 horas), con unas temperaturas de 24°C-25°C y 15°C-16°C respectivamente. Se hicieron recuentos dos días a la semana para supervisar la germinación, manteniendo el seguimiento durante dos meses, tiempo suficiente para que en al menos dos semanas. no se produjesen germinaciones. Se han considerado germinadas las semillas cuya radícula resultó observable a simple vista, como propusieron Boojh & Ramakrishnan (1982) y Vigna *et al.* (1983).

Análisis estadístico

La elaboración y análisis de los datos se ha realizado con el paquete estadístico SPSS 14.0 para WINDOWS, con licencia de la Universidad de Santiago de Compostela.

La respuesta germinativa se evaluó por los parámetros porcentaje final de germinación acumulado y tiempo medio de germinación (t_m), que guarda relación con el ritmo de germinación (Bradbeer 1988).

Para detectar diferencias significativas entre los tratamientos realizados para las variables estudiadas

(porcentaje y tiempo medio de germinación, datos transformados según $\arcsen\sqrt{p}$ y logarítmica ($\log(tm+1)$) respectivamente) se han realizado el test ANOVA de un factor para cada ensayo y variable, realizando la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de varianzas, y los casos responsables de diferencias significativas se han detectado mediante el test DMS o Games Howell. según resultó procedente (Pardo & Ruíz 2001).

Resultados y discusión

Producción de semillas

Las dos especies presentaron una elevada producción de semillas por inflorescencia (134 en *A. merinoi*, 254 en *S. melidensis*), la mayoría de ellas bien desarrolladas y viables (80% y 59,9% respectivamente), y una cierta proporción, mayor en *S. melidensis*, con un 36%, no se mostraron bien desarrolladas (tabla 1).

Efecto de la luz sobre la germinación

A. merinoi y *S. melidensis* presentaron un nivel de germinación elevado, tanto en fotoperiodo (88% y 73,3%) como en oscuridad (82,3% y 75%) (figura 2), y un ritmo de germinación muy rápido ($t_m < 15$ días) en ambos casos y no se observaron diferencias significativas, ni en el nivel ni en el ritmo de germinación, en ambas condiciones en las dos especies estudiadas (tabla 2).

	Especie	Semillas por inflorescencia			
		Llenas	Vacías	Infectadas	Total
Media	<i>Armeria merinoi</i>	107,10±5,33	26,90±5,59	0,00±0,00	134,00±8,38
Proporción (%)		80,00	20,00	0,00	100,00
Media	<i>Santolina melidensis</i>	152,20±10,89	92,50±7,39	9,40±2,19	254,10±13,67
Proporción (%)		59,90	36,40	3,70	100,00

Tabla 1.- Producción de semillas llenas, vacías e infectadas de *A. merinoi* y *S. melidensis*

En *S. melidensis* estos resultados se corresponden con los obtenidos por Iglesias *et al.* (2000), en condiciones experimentales algo diferentes a las del presente estudio, de lo que se deduce un comportamiento germinativo estable de dicha especie.

Los elevados niveles de germinación obtenidos en ambas especies, tanto en fotoperiodo como en oscuridad, indican que en condiciones ambientales favorables, especialmente en primavera, la mayor parte de las semillas podrán germinar tanto si se encuentran en la superficie del suelo como a cierta profundidad, que la proporción de semillas que muestran dormición es muy baja, y que la mayoría de ellas se encuentran en un estado de no dormición (o dormición condicional) según Baskin & Baskin (1989), por lo

que su mantenimiento en un banco de semillas edáfico es muy poco probable, dificultando la recuperación de poblaciones de ambas especies, contribuyendo así a su rareza. En este sentido, no obstante, se hace necesario conocer si en condiciones menos favorables, la respuesta germinativa resulta similar o no, puesto que los cambios en dichos requerimientos, y más particularmente la necesidad de luz para germinar, son los que permiten conocer si se puede producir una prevención de la germinación, y por lo tanto un almacenamiento más o menos duradero de semillas en el suelo (Baskin & Baskin 1989); aspecto que además deberá ser contrastado mediante la realización de ensayos apropiados de determinación de dicho banco edáfico.

Efecto del fuego: temperatura

Los niveles de germinación de *A. merinoi* en el control fueron nuevamente elevados, apreciándose un ligero aumento hasta niveles muy elevados (93% y 85%) al aplicar las temperaturas de intensidad suave sobre las semillas, y un descenso hasta niveles medios (43%) con las de intensidad media, siendo más acusado cuando ésta es de mayor duración (18%), en cuyo caso se ha reducido hasta niveles bajos; y con las temperaturas de elevada intensidad la germinación ha sido nula (figura 3). El ANOVA correspondiente a los niveles de germinación ha presentado diferencias significativas entre el control y los tratamientos térmicos, con excepción del de temperaturas de baja intensidad y mayor duración. El ritmo de germinación fue rápido ($t_m < 30$ días), sin presentar diferencias significativas entre los distintos tratamientos (tabla 3).

Los niveles de germinación de *S. melidensis* en el control fueron también muy elevados (próximos al 100%), apreciándose un ligero descenso con las temperaturas de intensidad suave, disminuyendo menos cuando se las expone durante un corto periodo (91%) que durante un tiempo mayor (80%). Cuando se sometieron a temperaturas de intensidad media o alta, la germinación fue nula. El ANOVA ha mostrado diferencias significativas entre el control con el tratamiento de intensidad suave y mayor duración, así como con los tratamientos térmicos de intensidad media y elevada, en los que no hubo germinación. En cuanto al ritmo de germinación, en el control fue muy rápido ($t_m < 15$ días) y en los tratamientos térmicos de intensidad suave fue rápido ($t_m < 25$ días), presentando diferencias significativas entre ambos.

En ambas especies la germinación control, elevada o muy elevada, presentó ligeras diferencias con respecto a la

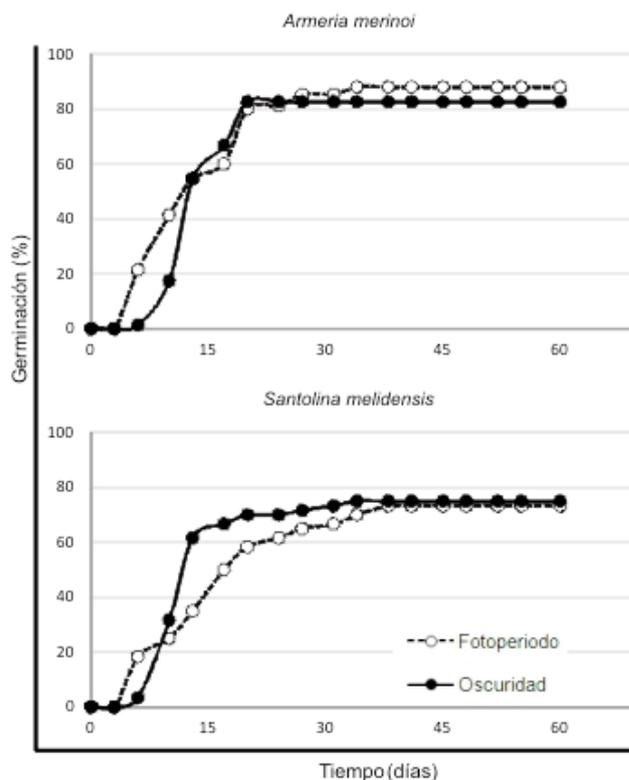


Figura 2.- Dinámica de germinación de *A. merinoi* y *S. melidensis* en las condiciones de fotoperiodo y oscuridad

obtenida en el ensayo anterior (efecto de la luz), atribuibles a la no simultaneidad de su realización, que deberían ser analizadas, para conocer cambios relacionados con la edad de las semillas.

Especie	Tratamiento	G (%)	t_m (días)
<i>Armeria merinoi</i>	1. Fotoperiodo	88,00±2,31 ^a	14,58±0,34 ^a
	2. Oscuridad	82,67±6,67 ^a	14,76±0,91 ^a
<i>Santolina melidensis</i>	1. Fotoperiodo	73,33±7,26 ^a	14,78±2,11 ^a
	2. Oscuridad	75,00±7,64 ^a	13,92±0,37 ^a

Tabla 2.- Resultados de la prueba t para detectar diferencias significativas en el porcentaje (G) y en el tiempo medio de germinación (t_m) entre fotoperiodo y oscuridad en *A. merinoi* y *S. melidensis* (valores seguidos por la misma letra indican que no hay diferencias significativas)

La viabilidad de las semillas resultó muy elevada en las dos especies (tabla 4) y se mantuvo así con los tratamientos térmicos de intensidad suave en *A. merinoi*, mientras que con los de intensidad media y elevada la viabilidad se redujo significativamente, reducción más pronunciada en *Santolina melidensis*.

Se observa pues que el efecto de las temperaturas que pueden alcanzarse en el suelo en un incendio forestal sobre la germinación de las semillas resulta diferente en ambas especies. En *A. merinoi* las temperaturas de intensidad

suave (80°C) no afectan ni al nivel ni al ritmo de germinación, las de intensidad media la reducen hasta niveles medios o bajos según su menor o mayor duración, sin afectar al ritmo de germinación, y las de intensidad elevada la reducen hasta niveles nulos. En *S. melidensis*, las temperaturas de intensidad suave tampoco afectan al nivel de germinación, pero sí a su ritmo que se hace más lento, tanto en las de menor como en las de mayor duración; y las de intensidad media y elevada la reducen hasta niveles nulos.

El efecto de las temperaturas en un incendio forestal sobre las semillas almacenadas en el suelo se ha interpretado como un choque térmico que favorece la ruptura o el ablandamiento de la testa de las semillas, especialmente cuando es dura (escarificación), haciéndola permeable; como es el caso de las que presentan dormición física, en cuyo caso dicho efecto puede resultar estimulador; pero también se ha interpretado que el calor puede afectar al embrión, dañándolo y reduciendo su viabilidad, en cuyo caso el efecto resulta reductor (Keeley *et al.* 1985; Keeley 1987; Trabaud & Oustric 1989; Baskin & Baskin 1998, 2004).

Estos efectos han sido verificados en especies de hábitats forestales de Galicia y territorios limítrofes (Castilla y León), tanto leñosas como herbáceas, mediante estudios en los que las temperaturas y tiempos analizados son similares a los del presente trabajo (González-Rabanal & Casal 1995; Valbuena & Vera 2002; Díaz-Vizcaíno & Iglesia 2005; Díaz-Vizcaíno *et al.* 2006; Rivas *et al.* 2006 a,b; Reyes & Trabaud 2009; Iglesia 2011; Lois 2011). La respuesta germinativa de las especies analizadas por dichos autores a las temperaturas de intensidad elevada, las mismas que en este estudio, es la de una fuerte o total reducción de la

misma, siendo muy escasas las que la mantienen (Díaz-Vizcaíno & Iglesia, 2005; Díaz-Vizcaíno *et al.* 2006; Rivas *et al.* 2006a; Lois 2011); como es el caso de las dos especies estudiadas por nosotros. Más variable resulta la respuesta germinativa ante los choques térmicos de intensidad media, también las mismas que en este estudio, así entre las herbáceas la mayoría la mantienen y en muy pocos casos se reduce (González-Rabanal & Casal 1995; Rivas *et al.* 2006b; Reyes & Trabaud, 2009); mientras que en nuestro caso se reduce en *Armeria merinoi*, que no obstante mantiene un cierto nivel de germinación, y se anula totalmente en *Santolina melidensis*. Finalmente, en lo que respecta a la respuesta ante los choques térmicos de intensidad baja, puede incrementarse, como ocurre con las de intensidad media, pero al menos todas las especies la mantienen; como es el caso del presente estudio.

En nuestro caso además, el análisis de los cambios en la viabilidad de las semillas permite relacionar el efecto reductor de la germinación de las temperaturas de intensidad media y elevada con una progresiva disminución de la misma, más acusada en *S. melidensis*; y por lo tanto con daño al embrión.

Especie	Tratamiento	G (%)	tm (días)
<i>Armeria merinoi</i>	1. Control	75,00±5,00 ^a	23,66±3,03 ^a
	2. 80° 5'	93,33±3,33 ^b	22,61±1,89 ^a
	3. 80° 15'	85,00±10,41 ^{ab}	24,22±1,10 ^a
	4. 110° 5'	43,33±1,67 ^{bc}	26,17±2,42 ^a
	5. 110° 15'	18,33±4,41 ^{bc}	27,08±1,54 ^a
	6. 150° 5'	0,00±0,00 ^{bd}	0,00±0,00 ^a
	7. 150°15'	0,00±0,00 ^{bd}	0,00±0,00 ^a
<i>Santolina melidensis</i>	1. Control	98,33±1,67 ^a	10,06±1,41 ^a
	2. 80° 5'	91,67±1,67 ^{ab}	22,76±0,93 ^b
	3. 80° 15'	80,00±5,77 ^b	23,97±0,67 ^b
	4. 110° 5'	0,00±0,00 ^c	0,00±0,00 ^c
	5. 110° 15'	0,00±0,00 ^c	0,00±0,00 ^c
	6. 150° 5'	0,00±0,00 ^c	0,00±0,00 ^c
	7. 150°15'	0,00±0,00 ^c	0,00±0,00 ^c

Tabla 3.- Resultados del ANOVA con prueba Chi-cuadrado y de las comparaciones post hoc (a posteriori) para detectar diferencias significativas en el porcentaje (G) y en el tiempo medio de germinación (tm) entre el control y los tratamientos térmicos en *A. merinoi* y *S. melidensis* (valores seguidos por la misma letra indican que no hay diferencias significativas)

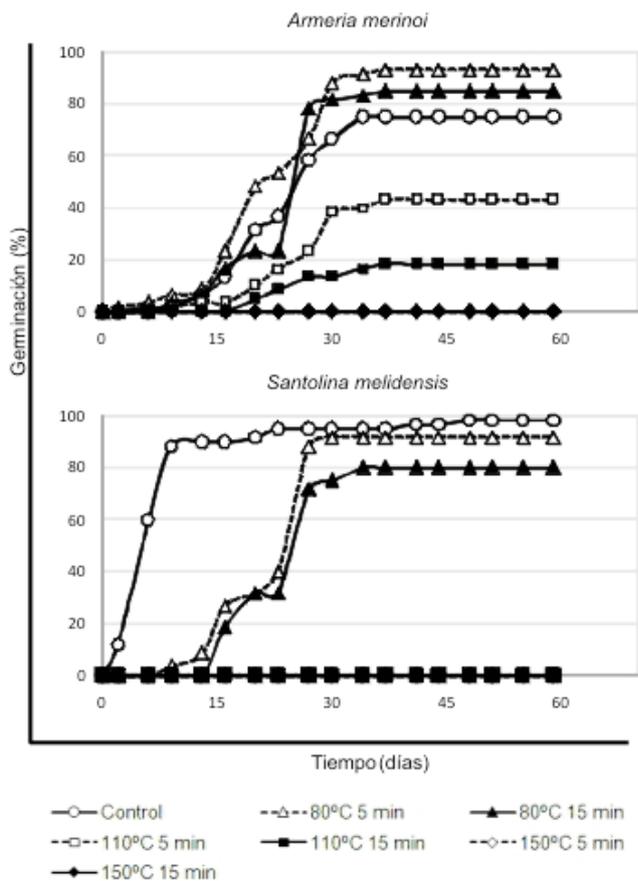


Figura 3.- Dinámica de germinación de *A. merinoi* y *S. melidensis* con la aplicación de choques térmicos de diferente intensidad y duración

Especie	Tratamiento	V (%)
<i>Armeria merinoi</i>	1. Control	100,00±0,00 ^a
	2. 80° 5'	93,33±6,67 ^a
	3. 80° 15'	96,67±3,33 ^a
	4. 110° 5'	53,33±12,02 ^b
	5. 110° 15'	56,67±23,33 ^b
	6. 150° 5'	50,00±11,55 ^b
	7. 150°15'	50,00±17,32 ^b
<i>Santolina melidensis</i>	1. Control	98,33±1,67 ^a
	2. 80° 5'	60,00±0,00 ^b
	3. 80° 15'	83,33±6,67 ^c
	4. 110° 5'	33,33±16,67 ^d
	5. 110° 15'	10,00±5,77 ^e
	6. 150° 5'	6,67±3,33 ^e
	7. 150°15'	3,33±3,33 ^e

Tabla 4.- Resultados de los ANOVA con prueba Chi² y de las comparaciones post hoc (a posteriori) para detectar diferencias significativas en la viabilidad de las semillas (V) entre el control y los tratamientos térmicos en *A. merinoi* y *S. melidensis* (valores seguidos por la misma letra indican que no hay diferencias significativas)

La germinación de las dos especies estudiadas resulta afectada (reducción) pues por las temperaturas que se pueden producir en el suelo en los incendios forestales de manera similar a la de otras especies características de los ecosistemas forestales atlánticos, mostrando comparativamente mayor sensibilidad las de *Santolina melidensis*. Puesto que incluso en los incendios menos intensos en Galicia se pueden alcanzar en la superficie del suelo 100°C (Díaz-Fierros, 2006), es evidente el efecto reductor de la germinación en las semillas que allí se encuentren, asociado a la pérdida de su viabilidad.

Efecto del fuego: cenizas

Los niveles de germinación fueron muy elevados (>90%) en *A. merinoi* y elevados o muy elevados en *S. melidensis* (76,7- 91,7%), tanto en el control como en el suelo recogido no quemado y en el suelo quemado (fundamentalmente cenizas), sin diferencias significativas entre ellos (figura 4).

El ritmo de germinación de *A. merinoi* en relación al control se aceleró significativamente en el suelo no quemado (t_m 13 días), ralentizándose ligeramente con el quemado (t_m 20 días), mientras que en *S. melidensis* se apreció una aceleración significativa con respecto al control en ambos casos (t_m de 14 y 16 días), que no difieren entre sí (tabla 5).

El efecto de las cenizas del suelo quemado tras un incendio forestal sobre la germinación de las semillas resulta también diferente en ambas especies, puesto que en *A. merinoi* no afecta ni al nivel ni al ritmo de germinación, mientras que en *S. melidensis* sí, incrementándose (en relación el control) el nivel y más claramente el ritmo de germinación, por lo que en ambos casos pueden producirse niveles de germinación muy elevados en las semillas que no resulten afectadas por las temperaturas de un incendio. Los suelos quemados, especialmente las cenizas de su capa superficial, pueden influir en la dormición y germinación de las semillas, lo que también se ha puesto de manifiesto en diferentes tipos de ecosistemas (González-Rabanal & Casal 1995; Keeley & Fotheringham 2000, Van Standen *et al.* 2000), interpretándose casi siempre como un efecto fisiológico debido a las sustancias que pueden contener durante un cierto tiempo tras el fuego, como el humo (Van Standen *et al.* 2000, Ghebrehiwot *et al.* 2011).

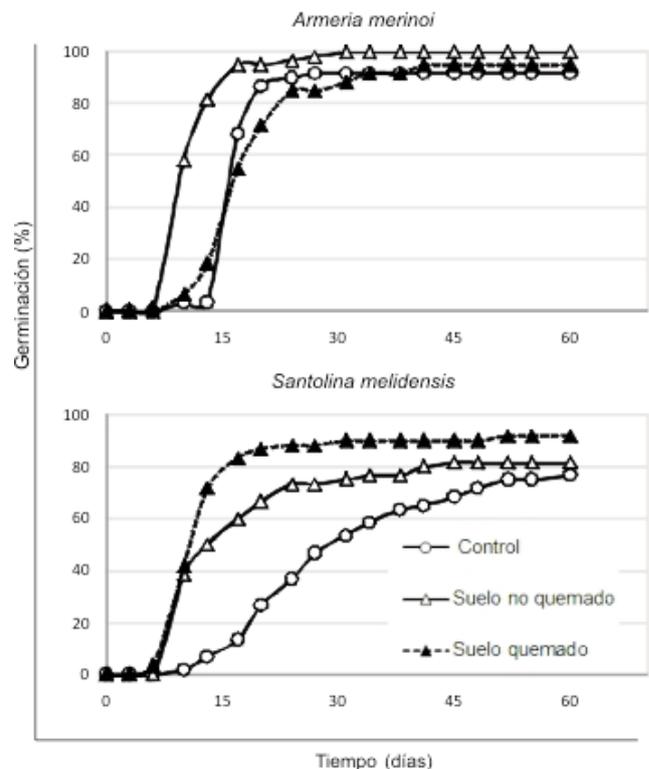


Figura 4.- Dinámica de germinación de *A. merinoi* y *S. melidensis* en suelo no quemado y quemado de su propio hábitat natural

Los resultados de este estudio se corresponden parcialmente con las actuaciones de investigación sobre la biología reproductiva y su repercusión en la viabilidad de poblaciones, previstas en planes de conservación y/o recuperación derivados de la inclusión de una especie en la categoría de vulnerable o en peligro de extinción, como es el caso de las estudiadas. Dichas actuaciones, que se requieren de una forma más detallada, indicando la necesidad de evaluar la respuesta germinativa a

alteraciones de su hábitat que pueden representar amenazas, como el fuego, en los planes de conservación y/o de recuperación más recientes como los de *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst. (BOA 2003a) *Vella pseudocytisus* subsp. *pau* Gómez-Campo (BOA 2003b), *Androsace rioxana* A. Segura (BOR 2005) o *Kunkeliella canariensis* Stearn (BOC 2009), seleccionados de entre casi una treintena de planes de conservación y/o recuperación de plantas elaborados en diferentes comunidades autónomas hasta la actualidad.

En nuestro caso dichas investigaciones, y más concretamente las relacionadas con el efecto del fuego, son muy recomendables, sobre todo en las especies de ecosistemas forestales, dada la incidencia de dicho factor

en Galicia (MAGRAMA 2012), y deberían estar previstas como actuaciones en los planes de conservación y/o recuperación. Los resultados que se presentan permiten concluir, de acuerdo con nuestra hipótesis, la escasa posibilidad de que las dos especies estudiadas constituyan bancos de semillas permanentes en el suelo, de lo que se deriva que cada año tras su dispersión éstas se encontrarán sobre todo en las capas superficiales del mismo, en las que incluso un incendio suave puede afectarlas considerablemente, reduciendo su potencialidad germinativa (por efecto de la elevada temperatura) y su viabilidad; germinando con posterioridad rápidamente las que no hayan sido afectadas (especialmente las de *S. melidensis*), lo que a su vez puede influir en su emergencia y en la viabilidad de plántulas.

Especie	Tratamiento	G (%)	tm (días)
<i>Armeria merinoi</i>	1. Control	91,67±1,67 ^a	18,00±0,17 ^a
	2. Suelo no quemado	100,00±0,00 ^a	12,70±0,40 ^b
	3. Suelo quemado	95,00±2,89 ^a	19,80±1,71 ^a
<i>Antolina melidensis</i>	1. Control	76,67±6,67 ^a	29,68±3,54 ^a
	2. Suelo no quemado	81,67±1,67 ^{ab}	16,49±1,75 ^b
	3. Suelo quemado	91,67±3,33 ^b	13,94±0,77 ^b

Tabla 5.- por la misma letra indican Resultados del ANOVA con prueba Chi-cuadrado y de las comparaciones post hoc (a posteriori) para detectar diferencias significativas en el porcentaje (G) y en el tiempo medio de germinación entre el control en fotoperíodo y los tratamientos de suelo y suelo quemado en *A. merinoi* y *S. melidensis* (valores seguidos por la misma letra indican que no hay diferencias significativas)

En esta línea, nuestros resultados deben ser complementados, tratando de conocer, entre otros aspectos, si los elevados niveles de germinación en condiciones favorables de primavera/otoño, que indican una escasa acumulación de semillas en el suelo, se mantienen o se modifican en las condiciones menos favorables de invierno y verano y las posibles variaciones de la proporción de semillas que se acumulan en el suelo, así como su longevidad. De esta forma se contribuiría a estimar la proporción y la longevidad de las semillas en el banco edáfico, con el fin de evaluar la duración temporal de la capacidad de reinstalación de las dos especies en un área perturbada, tal como está previsto en alguno de los anteriormente mencionados planes de recuperación, y debería estarlo también a nuestro entender en los correspondientes a estas dos especies amenazadas de Galicia.

Agradecimientos Los autores quieren agradecer a la Dirección Xeral de Conservación da Natureza de la Xunta de Galicia la autorización para la recogida de semillas de estas especies.

Bibliografía

- Bacchetta, G., Bueno Sánchez, A., Fenu, G., Jiménez-Alfaro, B., Mattana, E., Piotto, B. & Vierevaire, M. (2008). Conservación ex situ de plantas silvestres. Principado de Asturias. La Caixa.
- Bañares, Á., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J. C. & Ortiz, S. (2004). Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.
- Baskin, C. C. & Baskin, J. M. (1998). Seed: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. San Diego, CA. USA.
- Baskin, J.M. & Baskin, C. (1989). Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.). Ecology of soil seed banks. Academic Press, Inc. San Diego.
- Baskin, J. M. & Baskin, C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. Seed Science Research. 14: 1–16.

- BOA (2003a). Decreto 93/2003 de 29 de abril por el que por el que se establece un régimen de protección para el arba, *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst. y se aprueba el Plan de Conservación. BOA (Boletín Oficial de Aragón), nº 61, 21/05/03. Aragón, España.
- BOA (2003b). Decreto 92/2003 de 29 de abril por el que se aprueba el Plan de Recuperación de *Vella pseudocytisus* subsp. *pau* Gómez-Campo. BOA (Boletín Oficial de Aragón), nº 61, 21/05/03. Aragón, España.
- BOC (2009). Decreto 2/2009 de 20 de enero por el que se aprueba el Plan de Recuperación de *Kunkeliella canariensis*. BOC (Boletín Oficial de Canarias), nº 21, 02/02/09. Canarias, España.
- Boojh, R. & Ramakrishnan P.S. (1982). Growth strategy of trees related to successional status. I. Architecture and extension growth. *Forest Ecology. Management.* 4: 359-374.
- BOR (2005). Decreto 22/2005 de 11 de marzo por el que se aprueba el Plan de Recuperación de *Androsace riojana*. BOR (Boletín Oficial de La Rioja), nº36, 15/03/05. La Rioja, España.
- Bradbeer, J.W. (1988). *Seed Dormancy and Germination.* Blackie, Glasgow and London.
- Cascudo, A. (1997). Efecto del fuego sobre un matorral de *Ulexgallii* Planchon en la Galicia interior. Banco de semillas y regeneración natural. Tesis de Licenciatura. Universidad de Santiago de Compostela.
- Copete M.A., Herranz J.M. & Ferrandis P. (2005). Seed dormancy and germination in threatened Iberian *Coincya* (Brassicaceae) taxa. *Ecoscience.* 12: 257–266.
- Díaz-Fierros, F., Benito, E., Vega, J. Castelao, A., Soto, B., Pérez, R. & Tabeada, T. (1990). Solute loss and soil erosion in burnt soil from Galicia (NW Spain). En: Goldammer, J.G. & Jenkins, M.J. (Eds.) *Fire in Ecosystem dynamics.* SPB Academi publishing. The Hague.
- Díaz-Fierros, F. (2006). Efectos ecológicos dos incendios forestais. En: Díaz-Fierros, F. & Baamonde, P. (Eds.) *Os incendios forestais en Galicia: 29-48.* Consello da Cultura Galega. Santiago de Compostela.
- Díaz-Vizcaíno, E. & Iglesia, A. (2005). Efecto del fuego (temperatura y humo) sobre la germinación de Ericáceas características de brezales del NW de la Península Ibérica. *Actas del 4º Congreso Forestal Español, Zaragoza.*
- Díaz-Vizcaíno, E., Iglesia, A. & Fernández, M. (2006). Interannual variability in fire-induced germination responses of the characteristics Ericaceae of the NW Iberian Peninsula. V International Conference on Forest Fire Research. Figueira da Foz. Portugal.
- González-Rabanal, F. & Casal, M. (1995). Effect of high temperatures and ash on germination of ten species from gorse shrubland. *Vegetatio.* 116: 123-131.
- Ghebrehiwot, M.G., Kulkarni, M.G., Light, M.E., Kirkman, K.P. & Van Staden, J. (2011). Germination activity of smoke residues in soils following a fire. *South African Journal of Botany.* 77: 718-724.
- Herranz, J.M., Ferrandis, P., Martínez-Sánchez, J.J. 1998. Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae species. *Plant Ecology.* 136, 95-103.
- Herranz, J.M., Ferrandis, P. & Martínez-Duro, E. (2010). Seed germination ecology of the treated endemic Iberian *Delphinium fissum* subsp. *sordidum* (Ranunculaceae). *Plant Ecology.* 211: 89-106.
- Iglesia, A. (2011). Efecto del fuego sobre la germinación y el banco de semillas edáfico de Ericáceas de Galicia. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- Iglesias, I., Feijóo, M.C. & Ortiz, S. (2000). Contribución a los estudios de conservación de *Santolina melidensis* (Rodr. Oubiña y S. Ortiz) Rodr. Oubiña y S. Ortiz. *Portugaliae Acta Biologica.* 19: 107-112.
- ISTA.(1985). *Handbook on tetrazolium testing.* International Seed Testing Association. Zurich. Switzerland.
- ISTA. (1999). *Reglas Internacionales para Ensayos de Semillas.* Ensayo topográfico al Tetrazolio. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería. España.
- Izco, J., Ramil, P. & Díaz, R. (2003). Lista Vermella da Flora Vasculare Galega. En: Rodríguez Iglesias, F., Galicia. *Natureza.* Tomo XLIII: Botánica III. Hércules Ediciones, S.A. A Coruña.
- Keeley, J.E., Morton, B.A., Pedrosa, A. & Trotter, P. (1985). Role of allelopathy, heat and charred wood in the germination of chaparral herbs and suffrutescents. *Journal of Ecology.* 73: 445-458.
- Keeley, J.E. (1987). Role of fire in seed germination of woody taxa in California chaparral. *Ecology.* 68: 434-443.
- Keeley, J.E. & Fotheringham, C.J. (2000). Role of fire in regeneration from seed. En: Fenner, M. (Ed.), *Seed. The Ecology of Regeneration in Plant Communities.* CABI Publishing, London.
- Leck, M.A., Parker, V. T. & Simpson, R.L. (1989). *Ecology of soil seed banks.* Academic Press, London.
- Lois, A. (2011). Efecto del almacenamiento a corto plazo sobre la respuesta germinativa frente al fuego (temperatura) de Ericáceas características de matorrales de Galicia. Trabajo de Investigación Fin de Carrera, Ingeniería de Montes. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela.
- MAGRAMA (2012). *Los incendios forestales en España. Decenio 2001-2010.* Centro de Publicaciones del MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente), Madrid, España.
- Navarro L. & Guitián J. (2003) Seed germination and seedling survival of two threatened endemic species of the northwest Iberian Peninsula. *Biological Conservation.* 109: 313–320.

- Pardo, A. & Ruiz, M.A. (2001). SPSS 10.0: Guía para el análisis de datos. Universidad Autónoma de Madrid.
- Reyes, O. & Trabaud, L. (2009). Germination behavior of 14 Mediterranean species in relation to fire factors: smoke and heat. *Plant Ecology*. 202: 113-121.
- Rivas, M., Reyes, O. & Casal, M. (2006a). Influence of heat and smoke treatments on the germination of six leguminous shrubby species. *International Journal of Wildland Fire*. 15: 73-80.
- Rivas, M., Reyes, O. & Casal, M. (2006b). Do high temperatures and smoke modify the germination response of gramineae species?. V International Conference on Forest Fire Research. Figueira Da Foz. Portugal.
- Schemske, D.W., Husband, B.C., Ruckelshaus, M.H., Goodwillie, C., Parker, I.M. & Bishop, J.G. (1994) Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology*. 75:584–606.
- Soto, B. (1993). Influencia de los incendios forestales en la fertilidad y erosionabilidad de los suelos de Galicia. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- Trabaud, L. & Oustric, J. (1989). Heat requirements for seed germination of three *Cistus* species in the garrige of Southern France. *Flora*, 183: 321-325.
- Valbuena, L. & Vera, M. L. (2002). The effects of termal scarification and seed storage on germination of four heatland species. *Plant Ecology*, 161: 137 – 144.
- VanStanden, J., Brown, A.C.N. & Jäger, K.A. (2000). Smoke as a germination cue. *Plant Species Biology* 15: 167-178.
- Vigna, M. R., Fernández, O. A. & Brevedan, R. E. (1983). Germinación de *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Studia Oecologica*. II/2: 167-182.