

GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS DEL MADROÑO (*ARBUTUS UNEDO* L., ERICACEAE)

Eduardo NARBONA, Montserrat ARISTA y Pedro L. ORTIZ

RESUMEN. *Germinación de las semillas del madroño (Arbutus unedo L., Ericaceae)*. Se han estudiado algunos factores ecológicos que pueden afectar a la germinación de las semillas de *Arbutus unedo* realizando los siguientes tratamientos 1) estratificación a 4°C, 2) choque térmico simulando el efecto del fuego, 3) escarificación en ácido sulfúrico simulando el paso por el tracto digestivo de los dispersantes y 4) efecto de la pulpa del fruto. El tratamiento con ácido sulfúrico no afectó ni a la capacidad ni a la velocidad de germinación de las semillas. Los restantes tratamientos afectaron negativamente a la germinación, siendo este efecto especialmente drástico en el tratamiento con pulpa de fruto donde no germinó ninguna semilla. Los resultados sugieren que la pulpa del fruto inhibe la germinación, que las semillas pueden ser efectivamente dispersadas por endozoocoria y que no resisten el paso de un incendio.

Palabras clave: *Arbutus unedo*, Ericaceae, Germinación de semillas, Viabilidad de semillas, madroño.

SUMMARY. *Seed germination of Arbutus unedo L. (Ericaceae)*. Some ecological factors that could affect seed germination of *Arbutus unedo* have been studied. The following treatments were applied, 1) cold stratification (4°C), 2) thermal shock simulating fire effect, 3) Sulfuric scarification simulating the pass through digestive tract of dispersers, and 4) effect of the fruit pulp. Sulfuric did not affect the germination capacity nor germination velocity. The remainder treatments diminished germination capacity; no germination was observed in the seeds treated with fruit pulp. Results suggest that fruit pulp inhibits seed germination, and that seeds could be effectively dispersed by endozoocory and are damaged by fire.

Key words: *Arbutus unedo*, Ericaceae, seed germination, seed viability, strawberry tree.

INTRODUCCIÓN

Una semilla presenta latencia cuando, siendo viable, no germina bajo condiciones ambientales favorables (Baskin & Baskin, 1989, 1998). Existen básicamente cinco tipos de latencia en las semillas: física, debida a la impermeabilidad de la testa al agua; fisiológica, debida a mecanismos fisiológicos que inhiben la germinación; combinada, cuando la semilla tiene una testa impermeable y el embrión además es latente; morfológica, causada por

un desarrollo aún incompleto del embrión y morfofisiológica, cuando el embrión está incompletamente desarrollado y, al completar el desarrollo, presenta latencia. Las semillas latentes quedan en el suelo formando bancos que juegan un importante papel en la dinámica de la vegetación (Simpson *et al.*, 1989; Thompson, 1992). En los ecosistemas mediterráneos abundan las especies que presentan algún tipo de banco de semillas (Parker *et al.*, 1989); muchas de las cuales guardan una relación especial con el fuego, la

perturbación más recurrente en estos ambientes (Trabaud, 1979, 1980; Parker & Kelly, 1989). De hecho, las semillas de muchas especies mediterráneas aumentan su tasa de germinación tras el paso de un incendio (Thanos & Georghiou, 1988; Trabaud & Oustric, 1989; Tárrega *et al.*, 1992; Valvueda *et al.*, 1992), mientras que las de otras la retrasan (Ortiz *et al.*, 1995).

Arbutus unedo tiene una distribución básicamente Mediterránea, estando también representado en Macaronesia y en el sudeste de Irlanda. En la Península Ibérica suele presentarse en etapas tardías de sucesión, formando parte de encinares o bosques mixtos. Presenta frutos carnosos con numerosas semillas que son dispersados a principios del invierno. Muchos de estos frutos son consumidos por mamíferos y aves que actúan como dispersantes, pero muchos otros caen al suelo donde se van descomponiendo hasta que finalmente son liberadas las semillas. Se conoce poco sobre los factores que afectan a la germinación de las semillas del madroño (Ricardo & Veloso, 1987; Mesleard & Lepart, 1991). El objeto de este trabajo es contribuir al conocimiento de los factores ecológicos que pueden influir en la germinación de las semillas de *Arbutus unedo*.

MATERIAL Y MÉTODOS

En diciembre de 1997 se recolectaron frutos maduros de 9 madroños en la Reserva Natural de la Sierra de Grazalema (Cádiz). Los frutos de cada árbol se llevaron al laboratorio donde se extrajeron sus semillas y se introdujeron en un recipiente con agua separando y contando las que flotaban (sin embrión) y las que se hundían (viables); a partir de estos datos se halló un porcentaje de viabilidad para cada árbol. Las semillas con embrión se mezclaron y de ellas se tomó una muestra de 100 a las que se les realizó el test de

tetrazolio para conocer su viabilidad (Grabe, 1970). Las restantes semillas se sometieron a diferentes tratamientos de germinación.

Dado que los frutos se dispersan a final de otoño, para conocer si las semillas requieren un periodo de frío para germinar, un lote de semillas fue sometido a una temperatura constante de 4°C durante un mes (tratamiento de frío). Durante este tiempo las restantes semillas quedaron almacenadas a temperatura ambiente con objeto de que las siembras se realizaran todas en el mismo momento y en las mismas condiciones; transcurrido este mes, estas semillas se sometieron a los siguientes tratamientos:

-Para saber si la pulpa del fruto contiene sustancias inhibitoras de la germinación de las semillas un lote de éstas fue regado con una solución de agua y pulpa de madroño triturada a partes iguales (tratamiento pulpa).

-Debido a que los frutos del madroño son consumidos por diversos vertebrados que pueden actuar como dispersantes, un lote de semillas se sometió a la acción de ácido sulfúrico durante un periodo de 5 minutos (tratamiento sulfúrico) lo que simula el paso de estas semillas por el tracto digestivo de algunos animales (Baskin & Baskin, 1998).

- Para conocer si las semillas son capaces de resistir el paso del fuego, un lote fue sometido a una temperatura de 100°C durante 10 minutos (tratamiento fuego). Este tratamiento simula las condiciones que se dan en el suelo tras un incendio (Trabaud, 1979).

- Por último un lote de semillas intactas actuó como control de germinación.

En todos los tratamientos se usaron cuatro réplicas de 50 semillas que se sembraron en placas de Petri de 9 cm de diámetro sobre dos láminas de papel de filtro. La siembra fue realizada el día 12 de enero y las placas se regaron diariamente con agua destilada salvo en el tratamiento pulpa que se usó la solución antes indicada. Se consideró que una semilla había germinado cuando la radícula había

emergido una longitud similar al tamaño de la semilla. Las placas se colocaron en el laboratorio a temperatura que osciló entre 17°C y 24°C con periodos diarios de luz de 11 horas. Las placas se mantuvieron durante 60 días; en ese momento el experimento se dio por terminado tras constatar que hacía 10 días que no había germinación alguna.

Con los datos obtenidos en las pruebas anteriores se calculó el porcentaje medio de germinación así como el tiempo medio de germinación (t_{50}). Este último es el número de días en el que se alcanza el 50 % de la germinación total (Bewley & Black, 1985). Los tratamientos de germinación efectuados se analizaron mediante un ANOVA unifactorial considerando el tratamiento como factor fijo. Cuando el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos se utilizó el test de Dunnett para comparar cada tratamiento con el control (Day & Quinn, 1989).

RESULTADOS

El porcentaje de semillas con embrión fue muy variable entre individuos oscilando entre el 40% y el 97% y siendo la media de 76.66 ± 6.48 % (error estándar). El porcentaje de

viabilidad de las semillas con embrión, estimado por el test de tetrazolio, fue del 62%.

La germinación media de las semillas control fue del 40.5% (tab. 1). Se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de germinación de los tratamientos realizados ($F_{1,4} = 21.22$, $p < 0.00001$). Todos los tratamientos, a excepción de la inmersión en ácido sulfúrico, provocaron una disminución significativa del porcentaje de germinación de las semillas (tab. 1). Esta disminución fue drástica en las semillas que se habían regado con pulpa, en las que no se produjo germinación alguna. El porcentaje más elevado de germinación se alcanzó en el tratamiento realizado con ácido sulfúrico (44%), aunque este valor no difirió significativamente del encontrado en el control (tab. 1). A diferencia del resto de los tratamientos las semillas sometidas a temperatura elevada que no germinaron fueron atacadas rápidamente por hongos lo que indicó que habían muerto.

Las velocidades de germinación (t_{50}) fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos ($F_{1,3} = 16.52$, $p < 0.0001$). El tiempo que tardó en germinar la primera semilla en cada tratamiento fue siempre superior a 11 días (fig. 1). Las semillas control y las tratadas con sulfúrico comenzaron a germinar al mismo tiempo y presentaron unos valores del t_{50}

Tratamiento	Germinación			p	t ₅₀ (días)	
	X ± e.s.	Min-Max	N		X ± e.s.	p
Control	40.5 ± 8.1	28-64	81		18.75 ± 0.75	
Frío	11.5 ± 1.0	10-14	23	0.00149	27.25 ± 0.85	0.02661
Fuego	3.0 ± 0.6	2-4	6	0.00012	32.75 ± 3.6	0.00085
Sulfúrico	44 ± 6.1	28-56	88	0.95025	15.0 ± 1.08	0.42933
Pulpa	0 ± 0	0-0	0	0.00005		

Tabla 1. Porcentaje medio y tiempo medio (t_{50}) de germinación de las semillas de madroño sometidas a diferentes tratamientos y resultados de los tests de Dunnett comparando cada tratamiento con el control. N, número de semillas germinadas. *Mean percentage and mean time (t_{50}) of germination of Arbutus unedo seeds after different treatments, and results of Dunnett tests comparing each treatment with the control. N, number of germinated seeds.*

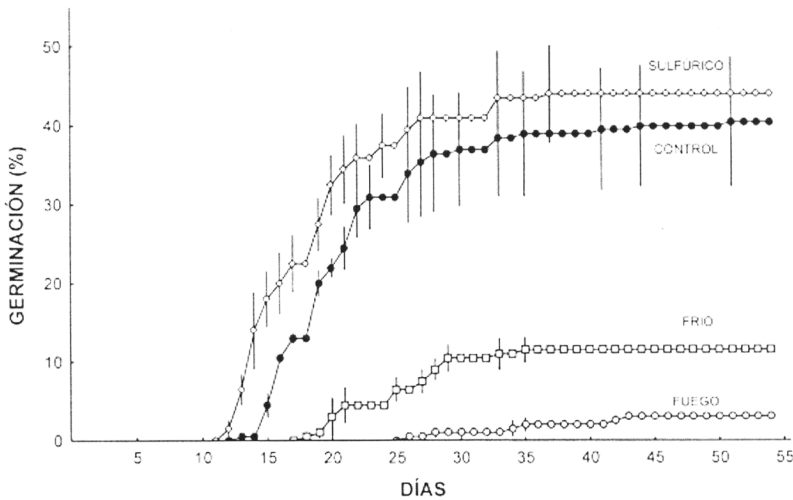


Figura 1. Porcentaje medio de germinación acumulado de las semillas de *Arbutus unedo* sometidas a diferentes tratamientos. Las barras representan el error estándar. *Mean cumulative germination percentage of Arbutus unedo seeds subjected to different treatments. Bars represent the standard error.*

similares por lo que sus curvas de germinación fueron parecidas (fig. 1; tab. 1). Por el contrario, las semillas sometidas a bajas o a altas temperaturas comenzaron a germinar más tarde y presentaron valores del t_{50} significativamente inferiores al control (fig. 1; tab. 1).

DISCUSIÓN

La viabilidad de las semillas de madroño de la población estudiada es considerablemente inferior a la de otras poblaciones estudiadas (Mésleard & Lepart, 1991; Ricardo & Veloso, 1987). Si consideramos tanto las semillas sin embrión como aquellas cuyo embrión es inviable, podemos estimar que el porcentaje de semillas viables no llega al 50%. Esta baja viabilidad podría deberse a una alta tasa de endogamia de la población de Grazalema, ya que la especie es autocompatible (Narbona *et al.*, unpub. data), la población es poco densa y las condiciones meteorológicas de la zona durante la floración del madroño (Octubre-

Diciembre) no parecen muy favorables para la polinización entomófila. De hecho, está bien documentado que la depresión por endogamia es uno de los factores que causan inviabilidad de las semillas (Sedgley & Griffin, 1989).

Las semillas de *Arbutus unedo* extraídas de los frutos no mostraron ningún tipo de latencia ya que germinaron rápidamente sin ningún tratamiento previo. El porcentaje medio de germinación de las semillas control resultó ser de un 40.5%, aunque si referimos este porcentaje al de semillas con embrión viable (62%) supone que un 65% de estas semillas germinaron. Esto contrasta con la germinación próxima al 100% obtenida por otros autores (Mésleard & Lepart, 1991; Ricardo & Veloso, 1987). Esto puede deberse a la temperatura a la que se realizó la prueba de germinación (entre 17 y 23°C) ya que la temperatura óptima para la germinación de *A. unedo* está entorno a 15°C y por encima de 20°C la germinación disminuye (Ricardo & Veloso, 1987).

Las semillas de madroño regadas con pulpa del fruto no germinaron, lo que sugiere

que dicha pulpa contiene inhibidores de la germinación; este fenómeno fue descrito como latencia química (Nikolaeva, 1977). Los frutos del madroño son consumidos por diversos vertebrados, fundamentalmente aves, pero muchos frutos caen al suelo enteros o picoteados y permanecen en el suelo durante largos periodos hasta que se deshacen. Las semillas contenidas en estos frutos no tendrán posibilidad de germinar hasta que sean completamente liberadas de los restos de pulpa. Dado que las semillas del madroño mantienen su viabilidad al menos un año (Ricardo & Veloso, 1987), aquéllas que quedan dentro de los frutos constituyen lo que puede considerarse como un banco de semillas en las inmediaciones de la planta madre.

El tratamiento con sulfúrico no afectó significativamente la capacidad de germinación de las semillas. Esto sugiere que el paso de las semillas de madroño a través del digestivo de los animales que consumen sus frutos no afecta a la viabilidad de las mismas, posibilitando la dispersión endozoócora. La presencia de una testa resistente a los ácidos digestivos es característica en las semillas de plantas endozoócoras (Janzen, 1983; Howe, 1986). La endozoocoria asegura la dispersión de las semillas a largas distancias, al menos a distancias superiores a las producidas por gravedad. Dado que las semillas de madroño necesitan liberarse de la pulpa del fruto para germinar, la endozoocoria permitiría la germinación inmediata de una buena proporción de las semillas de cada cosecha en enclaves más o menos alejados de la planta madre.

El almacenamiento de las semillas durante un mes a 4°C provocó una disminución de su capacidad de germinación, afectando tanto a la velocidad de germinación como al porcentaje de semillas germinadas. No parece probable que este tratamiento haya afectado a la viabilidad de las semillas, ya que aunque ciertamente se trata de un periodo de frío

prolongado, no se trata de una temperatura extrema. La disminución de la germinación observada tras este tratamiento podría ser consecuencia de un endurecimiento de la testa, lo que dificultaría la germinación inmediata de las semillas. El endurecimiento de la testa por la acción de la temperatura ha sido descrito previamente en otras especies mediterráneas (Valbuena *et al.*, 1992; Ortiz *et al.*, 1995)

En las especies mediterráneas es frecuente que las semillas resistan el paso de un fuego y esta adaptación aparece en familias tan representativas como Cistaceae (Thanos & Georghiou, 1988; Valbuena *et al.*, 1992), Leguminosae (Tárrega *et al.*, 1992; Ortiz *et al.*, 1995) e incluso Ericaceae (Baskin & Baskin, 1998). Sin embargo, prácticamente la totalidad de las semillas de *Arbutus unedo* murieron tras el tratamiento a 100 °C durante 10 minutos que simula la acción de un incendio (Trabaud, 1979). Esto indica que las semillas del madroño no presentan ninguna adaptación al fuego; esta carencia estaría compensada por la capacidad rebrotadora de *A. unedo* (López-Soria & Castell, 1992).

AGRADECIMIENTOS. La Dirección del Parque Natural Sierra de Grazalema facilitó la realización de este trabajo que fue financiado por el Proyecto Pinsapar.

BIBLIOGRAFÍA

- BASKIN, C. C. & J. M. BASKIN -1989- Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology, pp. 53-66. In Leck, M. A., Parker, V. C. & Simpson, R. L. (eds.). *Ecology of soil seed banks*, San Diego, Academic Press.
- BASKIN, C. C. & J. M. BASKIN -1998- *Seeds*, San Diego, Academic Press.
- BEWLEY, J. D. & M. BLACK -1985- *Seeds: physiology of development and germination*, New York, Plenum Press.
- DAY, R. W. & G. P. QUINN -1989- Comparisons of treatments after an analysis of variance in

- ecology. *Ecological Monographs* 59: 433-463.
- GRABE, D. F. -1970- Tetrazolium testing handbook for agricultural seeds. In Grabe, D. F. (ed.). *Handbook of seed testing*, Association of official seed analysts.
- HOWE, H. F. -1986- Seed dispersal by fruit-eating birds and mammals, pp.123-189. In Murray D. R. (ed.). *Seed dispersal*, Sydney, Academic Press.
- JANZEN, D. H. -1983- Dispersal of seeds by vertebrate guts, pp. 232-265. In Futuyma, D.J & M. Slatkin (eds.). *Coevolution*, Massachusetts, Sinauer Associates.
- LÓPEZ-SORIA, L. & C. CASTELL -1992- Comparative genet survival after fire in woody Mediterranean species. *Oecologia* 91: 493-499.
- MESLÉARD, F. & J. LEPART -1991- Germination and seedling dynamics of *Arbutus unedo* and *Erica arborea* on Corsica. *J. Veg. Sci.* 2: 155-164.
- 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-New York.
- ORTIZ, P. L., M. ARISTA & S. TALAVERA -1995- Germination ecology of *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpinaceae), a Mediterranean tree. *Flora* 190: 89-95.
- PARKER, V. T. & V. R. KELLY -1989- Seed banks in California chaparral and other Mediterranean climate shrublands, pp 231-255. In Leck, M. A., Parker, V. C. & Simpson, R. L. (eds.). *Ecology of soil seed banks*, San Diego, Academic Press.
- PARKER, V. T., R. L. SIMPSON & M. A. LECK -1989- Pattern and process in the dynamics of seed banks, pp. 367-384. In Leck, M. A., Parker, V. C. & Simpson, R. L. (eds.), *Ecology of soil seed banks*, San Diego, Academic Press.
- RICARDO, C. P. P. & M. M. VELOSO -1987- Features of seed germination in *Arbutus unedo* L., pp. 565-572. In J. D. Tenhunen, F. M. Catarino, O. L. Lange & W.C. Oechel (eds.). *Plant Response to stress*, Berlin, Springer Verlag.
- SEDGLEY, M. & A. R. GRIFFIN -1989- *Sexual reproduction of tree crops*. London, Academic Press.
- SIMPSON, R. L., M. A. LECK & V. T. PARKER -1989- Seed banks: general concepts and methodological issues, pp. 3-8. In Leck, M. A., Parker, V. C. & Simpson, R. L. (eds.), *Ecology of soil seed banks*, San Diego, Academic Press.
- TARREGA, R., L. CALVO & L. TRABAUD -1992- Effects of high temperatures on seed germination of two woody Leguminosae. *Vegetatio* 102: 139-147.
- THANOS, C. A. & K. GEORGHIOU -1988- Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* ssp. *creticus* (L.) Heywood and *C. salvifolius* L. *Plant Cell and Env.* 11: 841-849.
- THOMPSON, K. -1992- The functional ecology of seed banks, pp. 231-258. In Fenner, M. (ed.). *Seeds, the ecology of regeneration in plant communities*, Oxon, CAB International.
- TRABAUD, L. -1979- Etude du comportement du feu dans la garrigue de Chêne kermes à partir des températures et des vitesses de propagation. *Ann. Sci. Forest.* 36: 13-38.
- TRABAUD, L. -1980- Influence du feu sur les semences enfouies dans les couches superficielles du sol d'une garrigue de Chêne kermes. *Nat. Monspelienis* 39: 1-12.
- TRABAUD, L. & J. OUSTRIC -1989- Heat requirements for seed germination of three *Cistus* species in the garrigue of southern France. *Flora* 183: 321-325.
- VALBUENA, L., R. TÁRREGA & E. LUIS -1992- Influence of heat on seed germination of *Cistus laurifolius* and *Cistus ladanifer*. *Int. J. Wildland Fire* 2: 15-20.

Aceptado para su publicación en septiembre de 2003

Dirección de los autores. E. NARBONA: Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera, km 1, 41013-Sevilla; M. ARISTA y P. L. ORTIZ: Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla, Apdo. 1095. 41080 Sevilla