

Papel de la heterogeneidad en la regeneración del *Acer opalus* subsp. *granatense* en la montaña mediterránea: implicaciones para la conservación y restauración de sus poblaciones

L. Gómez Aparicio

Grupo de Ecología Terrestre. Dpto. Biología Animal y Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada, Campus Universitario de Fuentenueva s/n. 18071 Granada. España.

La heterogeneidad es la norma en los sistemas naturales. Todos los organismos, a alguna escala, se enfrentan a un contexto espacio-temporal cambiante, y en consecuencia, su distribución y funcionamiento, y por tanto la estructura y dinámica de sus poblaciones y comunidades, viene directamente influenciada por los patrones de heterogeneidad (Stewart et al. 2000). La heterogeneidad puede ser generada por múltiples factores que actúan a diferentes escalas. Dentro de los factores abióticos, la heterogeneidad a gran escala viene determinada fundamentalmente por la topografía del terreno y las características climáticas (Turner et al. 2001). A una escala menor, la heterogeneidad puede ser el resultado de variaciones en las propiedades físico-químicas del suelo, o en la microtopografía. Sin embargo, una de las principales fuentes de heterogeneidad en todos los sistemas es la creada por los propios organismos (Pickett et al. 2000). Por todo ello, la comprensión de cómo la dinámica de regeneración de una especie es afectada por la heterogeneidad espacio-temporal de su ambiente necesita de un enfoque multiescala y que abarque diferentes factores abióticos y bióticos generadores de heterogeneidad.

El objetivo general de esta tesis doctoral es el estudio del papel de la heterogeneidad en la dinámica de regeneración del *Acer opalus* subsp. *granatense* (Boiss.) Font Quer & Rothm en la montaña mediterránea, y de cómo ésta puede ser utilizada para la conservación y restauración de sus poblaciones. *Acer opalus* subsp. *granatense* es un endemismo ibérico-mauritánico cuya distribución mundial se restringe a la cordillera del Rif en Marruecos, las montañas del sur y este de la península, y la isla de Mallorca. Forma parte del conjunto de caducifolios que aparecen salpicando los bosques del piso supramediterráneo de la España seca o mediterránea, dominados fundamentalmente por especies perennifolias. Estas "islas" de vegetación planocaducifolia persisten en un macroclima puramente mediterráneo gracias a condiciones microclimáticas especiales relacionadas con la topografía y los suelos. Su extensión se ha visto reducida en las últimas décadas, tanto debido a su explotación directa por el hombre como a las repercusiones indirectas de la deforestación, quedando restringida a núcleos pequeños y aislados. Debido a su carácter relictivo y endémico, y a la fragilidad de los hábitats en los que aparece, *Acer opalus* subsp. *granatense* ha sido catalogado como *De Menor Riesgo Dependiente de la Conservación* por la UICN e incluido como *Vulnerable* en el Libro Rojo de la Flora Amenazada de Andalucía. Sin embargo, la información existente hoy día sobre la dinámica de regeneración del arce, y por tanto sobre las necesidades de actuación para asegurar su conservación, es prácticamente inexistente.

El estudio de la regeneración del arce es abordado a dos niveles: un nivel poblacional y un nivel de comunidad. A nivel poblacional se analiza cada una de las fases demográficas y procesos que constituyen el ciclo de reclutamiento temprano de la especie (**Fig. 1**). Dicho estudio se realizó considerando tres escalas espaciales encajadas de operación de la heterogeneidad (sierra, localidad, microhábitat). Mediante esta aproximación es posible conocer cuáles son los principales factores ecológicos que pueden limitar la regeneración natural del arce y su escala de actuación espacial. A nivel de comunidad se analiza la respuesta de los juveniles de arce y otras especies leñosas coexistentes (eg. *Quercus ilex*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*) a 3 factores generadores de heterogeneidad que juegan un importante papel en el funcionamiento de los sistemas mediterráneos: un factor abiótico, la luz, y dos bióticos: los matorrales y los ungulados. Mediante esta aproximación es posible definir la respuesta a la heterogeneidad del arce no sólo en términos absolutos, sino también en

términos relativos al relacionarla con su comportamiento dentro de la comunidad. La información obtenida en ambos niveles de estudio es aplicada en último lugar al diseño de actividades de restauración de la superficie forestal basadas en un conocimiento de cómo las especies leñosas responden a la heterogeneidad.

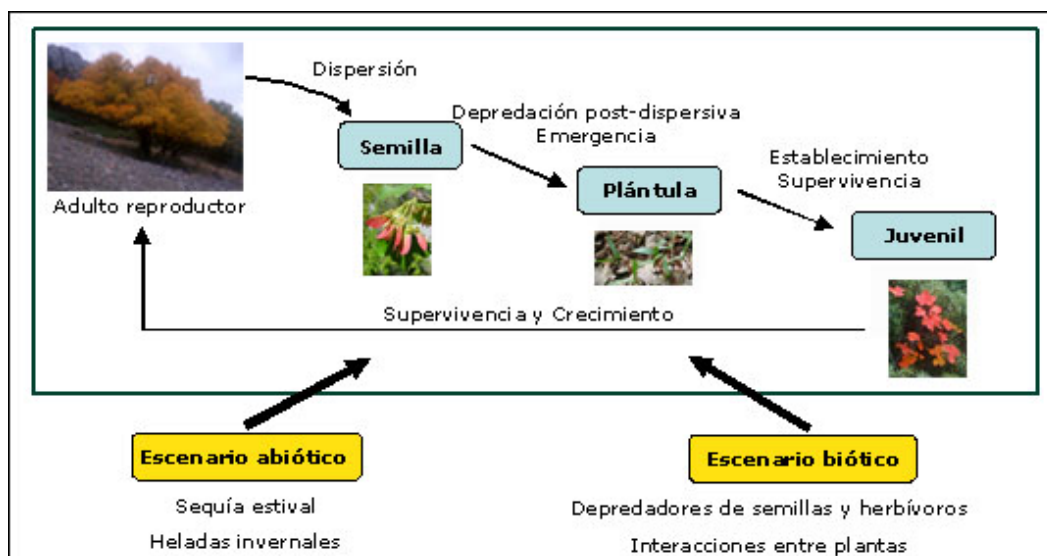


Figura 1. Fases y procesos del ciclo de regeneración del *Acer opalus subsp. granatense* analizados en la tesis doctoral, así como los principales factores abióticos y bióticos considerados.

Previamente a llevar a cabo el estudio intensivo de la regeneración del *Acer opalus subsp. granatense*, cuya extensión espacial está restringida a 2 sierras del sureste peninsular: Sierra Nevada y Sierra de Baza, nos planteamos que la generalidad de las conclusiones obtenidas dependerá en buena medida de que existan denominadores comunes a la dinámicas locales de regeneración a escala geográfica. Es por ello que como punto de partida de la tesis doctoral se realizó un estudio extensivo destinado a conocer el estado de regeneración del arce en la Península Ibérica, y que permitió identificar tres características clave de la dinámica demográfica del arce: 1) estructuras poblacionales jóvenes, con una baja proporción de adultos en relación al potencial de juveniles; 2) un patrón espacial de regeneración ligado a los matorrales, y 3) la existencia de un cuello de botella en la fase juvenil debido a la herbivoría por ungulados. Los resultados muestran pues, a grandes rasgos, dinámicas de regeneración congruentes a una escala geográfica.

La regeneración del arce está fuertemente limitada por la disponibilidad de semillas, debido tanto a una limitación en origen como a una limitación en la diseminación. A su vez, la diseminación de las semillas estuvo limitada tanto en distancia como en el espacio (agregación), concentrándose la mayoría de las semillas bajo los arces madre (**Fig. 2**). Ni la cobertura arbórea ni los matorrales funcionaron como trampas de semillas de la dispersión primaria. Las pérdidas de semillas por depredación post-dispersiva fueron relativamente bajas en todas las localidades y microhábitats (media del 15%), por lo que la depredación no supone una importante limitación para la regeneración del arce en términos de disminución de potencial reproductivo.

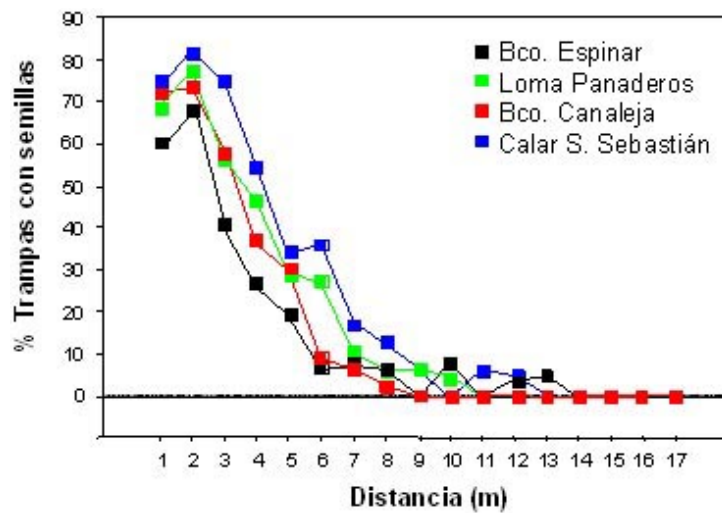


Figura 2. Variación con la distancia al arce adulto más cercano del porcentaje de las trampas de semillas en cada una de las 4 poblaciones de estudio que recibieron al menos una semilla durante el otoño del 2002.

La emergencia y supervivencia de plántulas fue similar en las dos sierras de estudio, mayor en las localidades de bosque que en las de canchal, y mayor en los matorrales que en ningún otro microhábitat. Sin embargo, las diferencias entre microhábitats variaron en función de la localidad considerada, demostrando que la calidad de los distintos microhábitats para el establecimiento representan situaciones específicas en cada localidad. La supervivencia de plántulas presentó además una fuerte variabilidad temporal en función de la climatología del año, siendo hasta tres veces mayor en años con veranos húmedos (50%) que con veranos secos (15-20%). Asimismo, la climatología afectó a la distribución espacial de la supervivencia, disminuyendo la ventaja de crecer bajo un matorral al incrementarse la precipitación (**Fig. 3**).

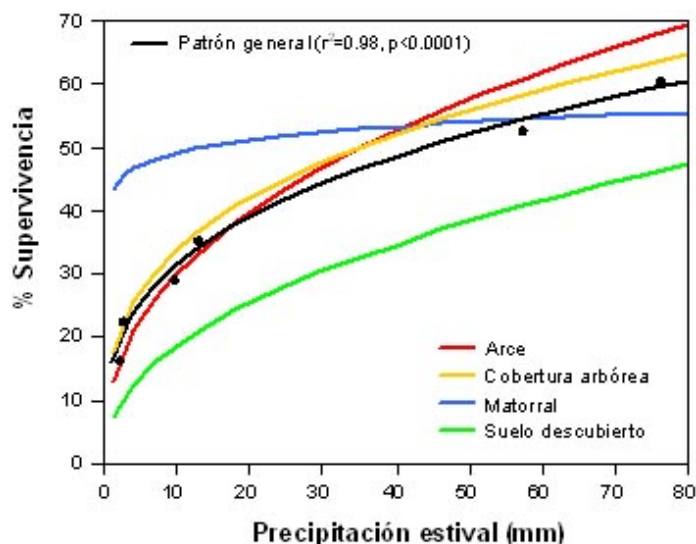


Figura 3. Relación entre la supervivencia de las plántulas de arce tras el primer verano de vida y la precipitación estival del año (suma de los mm caídos en los meses de junio, julio y agosto). $N=6$ en todos los casos. Se muestra la significación de la regresión general (sin diferenciar por microhábitats).

La síntesis de los procesos del reclutamiento temprano indica que tan sólo entre un 0.10% y un 1.73% de las semillas dispersadas llegan a la fase de juvenil de 3 años. Las principales fases limitantes del reclutamiento fueron la baja viabilidad de las semillas y la supervivencia de plántulas. La probabilidad de reclutamiento de una semilla dispersada fue en la mayoría de las localidades mínima en suelo descubierto y máxima en los matorrales. Por tanto, podemos concluir que la heterogeneidad generada por los matorrales beneficia el reclutamiento temprano del arce más que ningún otro microhábitat, gracias principalmente a sus efectos en la fase plántula.

El arce presentó una importante capacidad de responder al ambiente lumínico mediante la modificación tanto de sus características morfológicas como fisiológicas y, especialmente, arquitectónicas (**Fig. 4**). Dicha respuesta implicó eficientes mecanismos tanto de evitación como de tolerancia a la sombra, lo que concuerda con su alto éxito de reclutamiento natural en microhábitats sombreados. Así mismo, su capacidad de respuesta a la luz no fue suficiente para evitar los perjuicios derivados de la radiación en exceso (mortalidad, fotoinhibición), lo que concuerda con el bajo éxito de reclutamiento de la especie en micrositos descubiertos. De hecho, de las especies estudiadas, fue la que presentó mayor sensibilidad a los altos niveles de radiación.

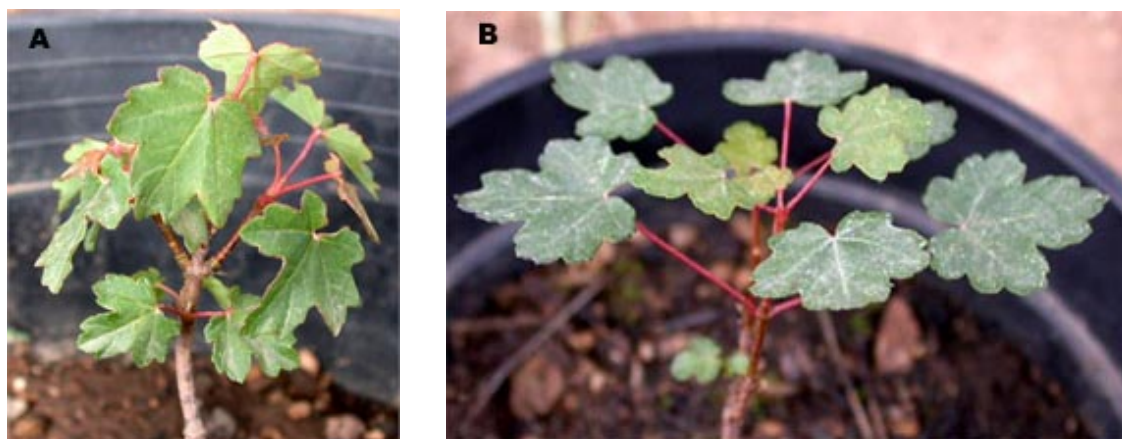


Figura 4. Fotografías de juveniles de arce sometidos durante tres años a niveles de radiación del 100% (tratamiento Sol, figura A) y 13% (tratamiento Sombra, figura B). Los juveniles de Sombra aumentaron significativamente el ángulo de inclinación de las hojas y la longitud de peciolo e internodos para maximizar la captación de radiación.

La aproximación a nivel de comunidad al estudio de las interacciones juvenil-herbívoro permite concluir que la herbivoría no sólo es importante para el arce en términos absolutos, sino en términos relativos al compararla con los daños que sufren los juveniles de otras especies leñosas coexistentes como *Quercus ilex*, *Pinus nigra* o *Pinus sylvestris* (**Fig. 5**). Al consumir preferentemente al arce, la sucesión hacia el aceral se vería colapsada por los herbívoros, y redirigida, por ejemplo, hacia el pinar. La herbivoría constituye por tanto la principal limitación de la regeneración del arce, frente a la cual sólo manchas de matorral especialmente grandes y densas resultan micrositos seguros. La conservación a largo plazo de la especie pasa pues inevitablemente por la disminución de la presión de herbivoría en la montaña mediterránea.

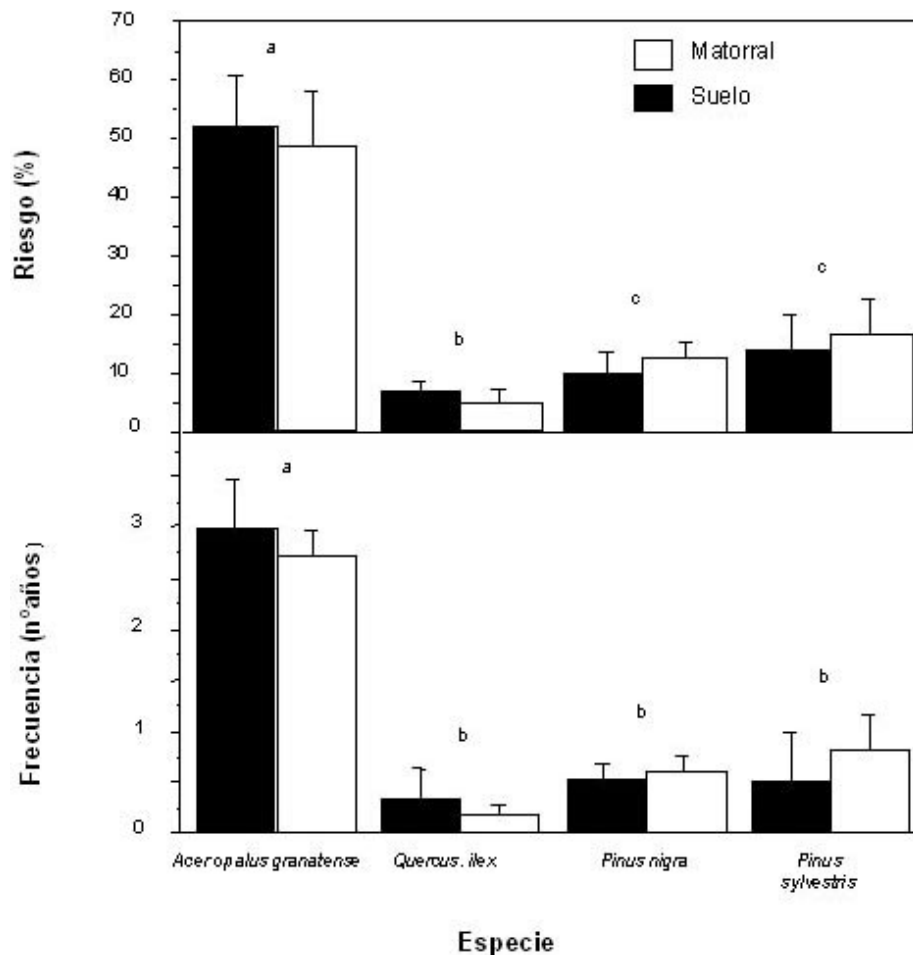


Figura 5. Riesgo (porcentaje de juveniles dañados) y frecuencia (número de años con daño) de herbivoría en juveniles plantados en 1997 con 1-2 años de edad en la Loma de los Panaderos (Sierra Nevada, 1850 m s.n.m.). Se muestra la media $\pm 1ET$ para los 5 años de estudio (1997-2001). Letras distintas indican diferencias significativas entre especies ($p < 0.05$). En ningún caso existieron diferencias significativas entre microhábitats.

Las repoblaciones experimentales realizadas a lo largo de un amplio gradiente ambiental demuestran que el uso de los matorrales como nodrizas en repoblaciones aumenta la supervivencia y el crecimiento de juveniles de una amplia variedad de especies leñosas, apareciendo el arce entre las más favorecidas. El efecto positivo de los matorrales aumentó al hacerlo el nivel de estrés de la zona o año de estudio, de acuerdo a las predicciones del modelo de Bertness & Callaway (1994). Por tanto, las actividades de restauración de las poblaciones de arce han de considerar a los matorrales como los mejores micrositios para llevar a cabo la introducción de los plantones.

LORENA GÓMEZ APARICIO

Papel de la heterogeneidad en la regeneración del del Acer opalus subsp. granatense en la montaña mediterránea: implicaciones para la conservación y restauración de sus poblaciones.

Tesis Doctoral.

Universidad de Granada. Dpto. Biología Animal y Ecología

Febrero de 2004

Dirección: Regina Zamora Rodríguez y Jose María Gómez Reyes.

Referencias

- Bertness, M. D. y Callaway, R. M. 1994. Positive interactions in communities. *Trends in Ecology and Evolution* 9:191-193.
- Pickett, S.T.A, Cadenasso, M.L. y Jones, C.G. 2000. Generation of heterogeneity by organisms: creation, maintenance and transformation. Pp 33-52 en Hutchings, M.J., E.A. John, & A.J.A. Stewart (Eds.). *The Ecological Consequences of Environmental Heterogeneity*. Blackwell Science. Oxford, UK.
- Stewart, A.J.A., John, E.A. y Hutchings, M.J. 2000. The world is heterogeneous: ecological consequences of living in a patchy environment. Pp 1-8 en Hutchings, M.J., E.A. John, & A.J.A. Stewart (Eds.). *The Ecological Consequences of Environmental Heterogeneity*. Blackwell Science. Oxford, UK.
- Turner, M.G., Gardner, R.H. y O'Neill, R.V. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. Springer-Verlag, NY.