

# LA NECESIDAD DE LA EXPERIMENTACIÓN EN ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN: UNA APROXIMACIÓN PARA LA RESTAURACIÓN FORESTAL EN EL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES

*Francisco Rodríguez Sánchez* / Licenciado en Biología

*Juan Arroyo Marín* / Doctor en Biología

Dpto. Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla

## RESUMEN

La restauración ecológica constituye una novedosa disciplina científica que pretende la recuperación de la estructura, diversidad y funcionamiento original de ecosistemas degradados, con objeto de permitir el avance de la sucesión natural y la evolución a largo plazo en respuesta a un ambiente cambiante. En el presente trabajo se exponen las bases para la restauración de diversas comunidades vegetales y poblaciones de especies amenazadas del Parque Natural Los Alcornocales, y se discute la necesidad de una aproximación experimental para lograr el perfeccionamiento progresivo de los protocolos de actuación y la ampliación de nuestros conocimientos sobre la ecología de las especies implicadas.

## LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA, UNA NUEVA DISCIPLINA CIENTÍFICA

Las actividades humanas provocan, a lo largo de la historia, cambios más o menos sustanciales en el medio los cuales se vieron acelerados con el aumento poblacional a nivel global y los avances tecnológicos acontecidos tras la revolución industrial. Como resultado de ello, los científicos han detectado tasas de extinción de especies muy elevadas en la actualidad, lo que ha llevado a algunos a afirmar que asistimos al proceso de una sexta extinción masiva (tras otras cinco acontecidas a lo largo de la historia de la vida en nuestro planeta; Leakey & Lewin 1996; Delibes 2001). A una escala regional o local e intervalos de tiempo más reducidos, los cambios no son tan drásticos en términos de extinción de especies, pero pueden ser muy importantes en términos ecológicos. De hecho, resulta frecuente observar en el transcurso de nuestras vidas transformaciones en nuestro entorno (pérdida de vegetación natural y de poblaciones de animales silvestres) que muchas veces percibimos como irrecuperables.

La capacidad de transformar el ambiente y la constatación del empobrecimiento del medio como resultado de la explotación de los recursos naturales condujeron ya en la baja Edad Media a los primeros intentos documentados de recuperar la cubierta vegetal en España mediante plantaciones intencionadas (Vallejo *et al.* 2003). Estas primeras experiencias de corrección de impactos sobre el medio, originariamente llevadas a cabo con fines puramente antropocéntricos, tienen su equivalente en la actualidad, gracias al desarrollo de la ecología y el mayor conocimiento de la dinámica de los sistemas naturales, en una novedosa disciplina científica conocida como restauración ecológica. Su objetivo es la “recuperación intencionada de ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos como resultado directo o indirecto de la actividad humana” (Society for Ecological Restoration Science & Policy Working Group 2002). La degradación del ecosistema –la desviación de su trayectoria o el estado natural para un ecosistema intacto– puede abarcar desde cambios muy sutiles, como la variación gradual en la composición o abundancia de algunas especies, hasta la destrucción casi total del sistema, con la pérdida de sus formas de vida macroscópica y el deterioro del biotopo (incendios, construcción de embalses, etc.).

El objetivo de todo proyecto de restauración ecológica es, por tanto, restablecer un ecosistema funcional que contenga suficientes recursos bióticos y abióticos que permitan el avance de la sucesión por procesos naturales y, a largo plazo, la evolución en respuesta a unas condiciones ambientales cambiantes (Clewell *et al.* 2000). Es evidente que como resultado de la restauración puede obtenerse otro tipo de beneficios añadidos (productivos, sociales) que sin embargo no deben sobreponerse al fin conservacionista. Para lograr estos objetivos –por lo general tan ambiciosos que deben planificarse a medio o largo plazo– normalmente se comienza por recuperar la riqueza de especies del sistema y la estructura de la comunidad (es decir, el modo en que se organizan y relacionan entre sí las poblaciones de las distintas especies). Para ello, en lugar de proceder a la introducción deliberada –y precipitada– de especies que hayan visto reducida su abundancia o definitivamente hayan desaparecido del sistema (por ejemplo mediante repoblaciones), resulta muy recomendable estudiar previamente las posibilidades de regeneración natural (Davy 2002), siempre preferible a la reintroducción artificial pues ésta, además de ser más costosa en términos económicos, nunca logrará un patrón de distribución, abundancia y estructuración genética igual al que se obtendría mediante procesos naturales (Balaguer 2002). La regeneración natural puede ocurrir, por ejemplo, a partir del propio banco de semillas en el caso de las plantas, o mediante la recolonización desde otros terrenos donde la especie aún está presente (el proyecto de restauración debería facilitar la conectividad entre parches relativamente inalterados). Si las condiciones actuales no permitieran ya la recuperación por procesos de regeneración natural, entonces puede intentarse la reintroducción artificial, mediante siembras o plantaciones si se trata de plantas (Pemán & Navarro 1998).

La recuperación de la comunidad vegetal suele ser un punto muy importante en muchos proyectos de restauración ecológica. No en vano las plantas son los productores primarios del ecosistema (son la fuente principal de materia y energía biológicamente útil) y muchos atributos funcionales de aquél están asociados con la estructura y composición de la vegetación (Stanturf *et al.* 2001). Sin embargo, para que las labores de repoblación o reforestación realmente constituyan un avance hacia la restauración del sistema, deben hacerse a partir de un profundo conocimiento del mismo y siguiendo unos estrictos criterios, desde el proceso de recolección del material hasta el acervo de especies a introducir y su distribución espacial, pasando por la forma de preparar el terreno o favorecer la supervivencia de las plántulas (Harrington 1999; Davy 2002). Está claro que no toda repoblación constituye una medida de restauración ecológica (piénsese por ejemplo en una plantación monoespecífica de pinos o eucaliptos con alta densidad). Incluso reforestaciones bien diseñadas que respeten los criterios anteriormente citados no constituyen el fin de la restauración ecológica sino que son sólo un primer paso para favorecer procesos sucesivos de maduración del ecosistema.

## LA NECESIDAD DE LA EXPERIMENTACIÓN

El conocimiento científico se basa en la proposición de teorías o generalizaciones que deben ser sometidas a prueba. Si se considera que la disciplina de la restauración ecológica entra dentro del campo de la ciencia, debe estar sometida a sus reglas de funcionamiento. En las ciencias de la naturaleza la propuesta de teorías se basa tanto en el razonamiento inductivo como deductivo, pero no está libre de la confirmación por métodos experimentales (véase Ford 2000 para más detalles). De la misma forma que un medicamento no es autorizado hasta que supera una prueba experimental, no deberíamos dar por buenos procedimientos de restauración sin esa comprobación, que debe realizarse necesariamente en la naturaleza, pues el marco ambiental donde se realiza la experimentación es parte intrínseca del análisis.

En el campo de la reforestación y la restauración con frecuencia el procedimiento se ha basado en inferencias a partir de observaciones o de experimentos situados en un marco ambiental distinto (por ejemplo climas templados). Sin negar los logros que se puedan haber conseguido, es necesario incrementar la resolución de la información para conseguir el mayor éxito, sobre todo si éste se mide en términos más ecológicos que económicos. La experimentación en ecología resulta especialmente compleja, tanto por el número de factores o variables que suelen influir en el resultado (y por tanto de interacciones entre ellos), como por la difícil replicabilidad. Sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado abundante literatura que nos proporciona herramientas analíticas poderosas (p. ej. Scheiner & Gurevitch 2001; Quinn & Keough 2002).

## PLAN DE RESTAURACIÓN DE COMUNIDADES VEGETALES EN EL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES

El Parque Natural Los Alcornocales destaca, entre otras cosas, por la riqueza y variedad de su vegetación. Sus alcornocales, quejigares y acebuchales están considerados entre las formaciones boscosas más exuberantes y mejor conservadas de la península Ibérica. Los canutos o arroyos encajados son refugio de numerosas especies relictas terciarias y cuaternarias (Arroyo *et al.* 2002; Pérez Latorre *et al.* 2002) y las herrizas alojan varios endemismos y especies singulares (Ojeda *et al.* 1995). Todas ellas son comunidades características de la zona cuya biodiversidad es comparable a la de los grandes macizos montañosos de la cuenca mediterránea (Arroyo 1997). Pese a ello, la ocurrencia de síndromes como la “seca” del alcornoque (Sánchez 2001), la tala sostenida de algunas especies para emplearlas como fuente de leña, madera, carbón vegetal u otros usos, o simplemente para evitar la competencia con el alcornoque (Sánchez 2002), el abuso de las rozas y los descorches (Jordano *et al.* 2002), y muy especialmente la elevada superpoblación de herbívoros (VV.AA. 2001), han conducido al deterioro de numerosas comunidades y a una delicada situación demográfica –con reducción de los tamaños poblacionales y déficits en la regeneración– para diversas especies de interés dentro del Parque Natural (Linares & Fariña 2001; Berjano *et al.* 2002). Ante esta situación, la puesta en marcha de proyectos de restauración ecológica resulta muy recomendable en el menor plazo de tiempo posible, dado que por lo general el coste económico de las obras y las dificultades para lograr una restauración exitosa se incrementan conforme el sistema se aleja de su trayectoria original.

Desde comienzos de 2002 los técnicos del Parque Natural Los Alcornocales y personal perteneciente al Departamento de Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Sevilla y el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla estamos trabajando en el diseño de protocolos de restauración ecológica para diversos tipos de comunidades vegetales presentes en el Parque Natural (Rodríguez-Sánchez *et al.* 2002). Se presta especial atención a la restauración de poblaciones de plantas leñosas amenazadas, pero incluyendo también otras especies no catalogadas cuya función en el ecosistema resulta primordial (tabla I). Así, por ejemplo, algunas especies de matorral noble (madroño, agracejo, aladierno, durillo,

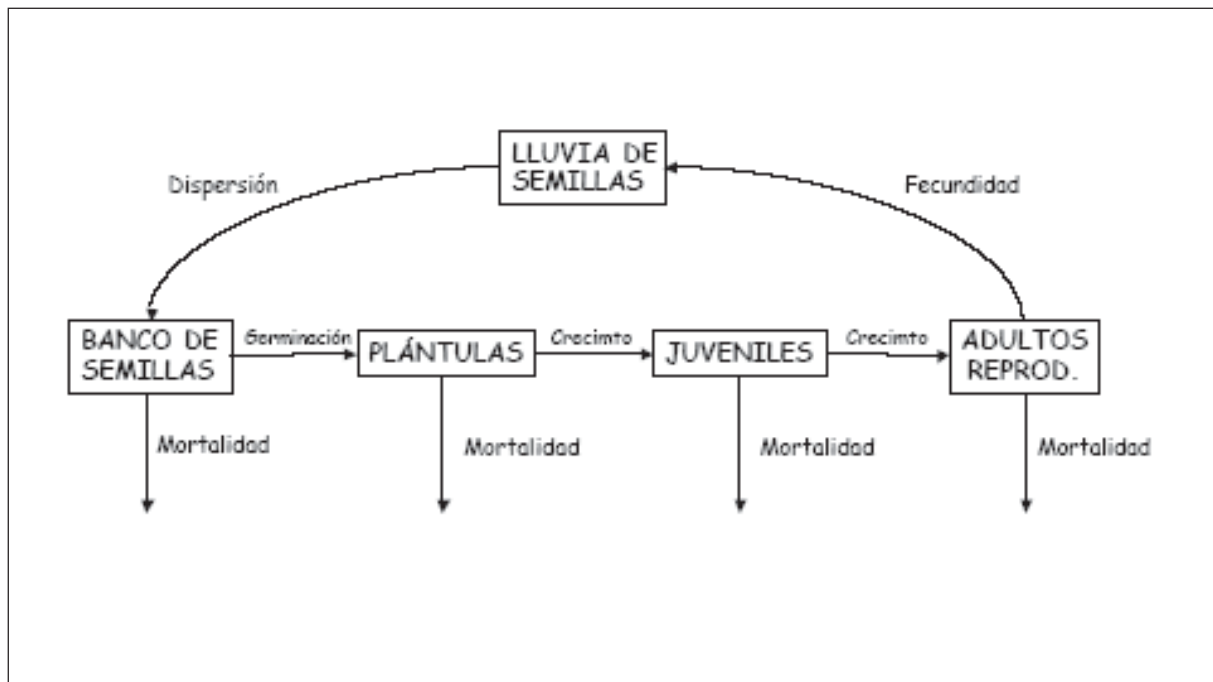


Figura 1. Esquema general del ciclo de regeneración.

labiérnago, mirto, etc.) que forman parte del cortejo florístico del alcornocal-quejigar, al producir frutos carnosos que sirven de alimento a numerosas especies de aves y mamíferos contribuyen notablemente al enriquecimiento de la diversidad en el ecosistema, acelerando el proceso de restauración (Pérez Latorre 1996; Harrington 1999). Estas especies son además altamente palatables para la fauna, por lo que su abundancia actual en muchas comunidades es bastante reducida debido al consumo excesivo por parte de los herbívoros, al que hay que añadir el efecto de las rozas extensivas (Chaves & Brea 2002). La repoblación con diversas especies, distribuidas de forma heterogénea y espacialmente explícita en función de su comportamiento ecológico, constituye un principio a seguir en los proyectos de restauración ecológica que no sólo favorece el aumento de biodiversidad, sino que también incrementa la probabilidad de éxito por diversas causas (Hartley 2002). La disponibilidad de datos descriptivos de la estructura de las comunidades (p. ej. Ojeda *et al.* 1995; Pérez Latorre *et al.* 1999; Jurado, 1999), sumados a otros estudios de poblaciones hace posible que el diseño de la restauración se ajuste mejor a la situación natural en cuanto a elección de especies y su distribución en el espacio.

El éxito de cualquier proyecto de restauración ecológica depende muy directamente del conocimiento existente sobre la ecología de las especies implicadas y la estructura y dinámica sucesional del sistema (Davy 2002). Dentro de éste, la detección de los factores causantes de una regeneración natural deficiente en cada caso y la toma de medidas para corregirlos constituyen un apartado crucial del trabajo. En ocasiones la mera supresión de las perturbaciones es suficiente para la recuperación paulatina del ecosistema por mecanismos naturales de sucesión ecológica (p. ej. Prach & Pysek 2001). En condiciones ideales el diseño de la restauración debería estar basado en estudios demográficos y ecológicos detallados que analicen las fases clave del ciclo de regeneración (figura 1), pero lamentablemente esta información está disponible únicamente para algunas especies, al precisar de varios años de trabajo previo (Escudero & Iriondo 2003). En el caso de

<b>EN PELIGRO DE EXTINCIÓN</b>	<i>Rhododendron ponticum</i> subsp. <i>baeticum</i> (ojaranzo)
<b>VULNERABLES</b>	<i>Frangula alnus</i> subsp. <i>baetica</i> (avellanillo) <i>Ilex aquifolium</i> (acebo) <i>Laurus nobilis</i> (laurel) <i>Quercus canariensis</i> (quejigo andaluz) <i>Quercus pyrenaica</i> (melojo, rebollo)
<b>NO AMENAZADAS</b>	<i>Alnus glutinosa</i> (aliso) <i>Arbutus unedo</i> (madroño) <i>Crataegus monogyna</i> (majuelo) <i>Daphne laureola</i> <i>Fraxinus angustifolia</i> (fresno) <i>Myrtus communis</i> (mirto, arrayán) <i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i> (acebuche) <i>Phillyrea angustifolia</i> (labiérnago) <i>Phillyrea latifolia</i> (agracejo) <i>Pyrus bourgaeana</i> (peral silvestre) <i>Quercus suber</i> (alcornoque, chaparro) <i>Rhamnus alaternus</i> (aladierno) <i>Salix pedicellata</i> (sauce) <i>Viburnum tinus</i> (durillo)

**Tabla I.** Relación de todas las especies incluidas en los actuales proyectos de restauración, ordenadas según su grado de amenaza (según el Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía, 2000).

las especies incluidas en estos planes de restauración (tabla I) existe buena información para el alcornoque (Torres 2001) y algunas especies propias de canutos, como el ojaranzo (Mejías *et al.* 2002) y el avellanillo (Hampe 2002; Hampe & Arroyo 2002). El principal factor limitante es en algunos casos la escasa producción de semillas, en otros la falta de humedad durante el verano, y de forma casi generalizada el herbivorismo. La falta de información acerca de los factores que realmente están impidiendo la regeneración natural del alcornoque en el Parque Natural es responsable de gran parte del fracaso de las repoblaciones realizadas en la última década: la introducción artificial de propágulos (ya fueran bellotas o plantones de vivero) se manifestó inútil cuando el auténtico cuello de botella para el reclutamiento de nuevos individuos –ver figura 1– se encuentra en la escasa supervivencia de los brinzales debida al intenso herbivorismo (Fariña 1999).

### PROPUESTAS EXPERIMENTALES PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES

Aunque nuestros conocimientos sobre la ecología de estas especies en el Parque Natural son por lo general bastante limitados, permiten elaborar un primer diseño tentativo de la restauración como el que se muestra en las figuras 2 y 3. Estos protocolos preliminares constituyen tan sólo un punto de partida que debe ser necesariamente mejorado a partir de los resultados que se obtengan en ejecuciones sucesivas. Ello significa que el objetivo prioritario en el estado actual del proyecto es la experimentación con diversas técnicas y especies con el fin de responder a numerosas incógnitas pendientes y optimizar progresivamente los protocolos de actuación. La obtención de resultados fiables está supeditada a la utilización de criterios científicos basados en el diseño experimental para la ejecución y monitorización de las diversas actuaciones planificadas (Block *et al.* 2001; Holl & Cairns 2002).

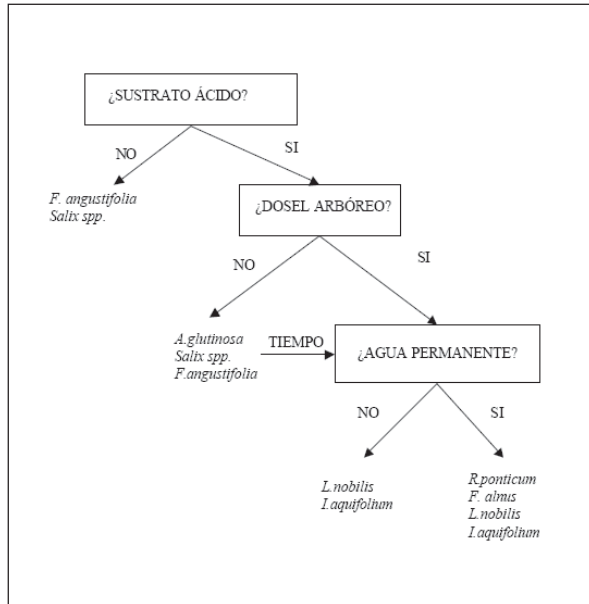


Figura 2. Cuadro para la elección de especie en la restauración ecológica de canutos en función de sus condiciones iniciales.

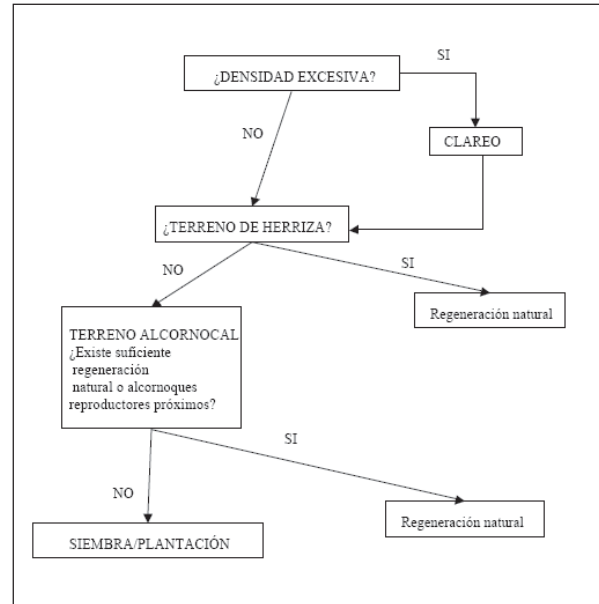


Figura 3. Diagrama para la toma de decisiones en la restauración ecológica de terrenos ocupados por plantaciones de pinos en el Parque Natural Los Alcornocales.

Está prevista la realización en los próximos años de varias repoblaciones experimentales que van a probar la implantación de especies amenazadas en el entorno del Parque Natural tales como *Rhododendron ponticum* subsp. *baeticum*, *Frangula alnus* subsp. *baetica* o *Quercus pyrenaica*, además de probar nuevas técnicas de restauración forestal como la plantación al abrigo de matorrales, que está obteniendo resultados prometedores en otros espacios naturales de Andalucía (tabla 2). Aunque históricamente se ha ponderado el papel de la competencia interespecífica, por lo que la realización de rozas y podas de la vegetación preexistente ha sido práctica recomendada y frecuente en las repoblaciones (Pemán & Navarro 1998), modelos teóricos y evidencias experimentales recientes (Brooker & Callaghan 1998; Callaway *et al.* 2002) demuestran que la facilitación o interacciones positivas entre plantas (Callaway 1995) pueden predominar en ciertas condiciones de estrés ambiental. Por tanto, es posible –los resultados de nuestros experimentos deben resolver la duda– que los plantones introducidos se beneficien de la presencia de matorral que los proteja de la depredación por parte de los herbívoros (Fariña 1999; Pietrzykowski *et al.* 2003) o de las condiciones climáticas desfavorables del estío mediterráneo (Zamora *et al.* 2001; Vallejo *et al.* 2003). El bajo impacto ambiental y paisajístico de esta técnica debe considerarse un beneficio añadido.

ESPECIE	BAJO MATORRAL	CLARO
<i>Quercus pyrenaica</i>	38,3	12,8
<i>Pinus nigra</i>	65,3	36,6
<i>Pinus sylvestris</i>	29,2	10,1
<i>Quercus ilex</i>	53,3	31,1
<i>Acer granatense</i>	59,7	19,5

Tabla II. Supervivencia (%) de los plantones de diversas especies, situados bajo el matorral y en claros desprovistos de vegetación, cuatro años después de realizada la repoblación (en Sierra Nevada; datos de Zamora *et al.* 2001).

Entre las preguntas que pretendemos resolver con los experimentos que están planificados se encuentran otras como: ¿Cuál es la distancia óptima de plantación respecto al cauce para especies como el laurel o el acebo?, ¿su frecuente asociación a los canutos se debe a unas elevadas necesidades hídricas o por el contrario es resultado de su manejo histórico?, ¿cuál es la respuesta de los plantones de las especies de *Quercus* y matorral noble a la plantación?, ¿cuál es la tasa real de depredación de bellotas y cómo influyen determinados factores como el microhábitat sobre dicha depredación?, ¿cuáles son los dispositivos más eficaces para reducirla? Considerando la supervivencia a largo plazo de las plantas introducidas ¿es preferible la siembra de bellotas o la plantación directa de brinzales cultivados en vivero?, ¿cuál es el número óptimo de bellotas para cada hoyo de siembra? Otras cuestiones que pueden resolverse con una aproximación experimental atañen a la localización espacial de las actuaciones, en referencia a la situación explícita de factores ambientales de relevancia (como por ejemplo la disponibilidad de agua).

Es evidente que hay muchas incógnitas por resolver. El análisis de los resultados de estas y otras experiencias no sólo son necesarios para la mejora e implementación de las técnicas de restauración adecuadas a cada tipo de comunidad sino que al mismo tiempo contribuyen al mejor conocimiento de la ecología de estas especies. La restauración ecológica se plantea, por tanto, como una sólida alternativa científica a los planteamientos más tradicionales de reforestación forestal, capaz de proporcionar beneficios de diversa índole (productivos, recreativos, protectores) al tiempo que contribuyen a la conservación de nuestras especies y ecosistemas e incrementan el conocimiento empírico sobre los procesos naturales.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARROYO, J.: Plant diversity in the region of the Strait of Gibraltar: a multilevel approach, *Lagascalia*, 19 (1997), pp. 393-404.
- ARROYO, J., Hampe, A., Mejías, J. A.: La vida en el límite, o cómo las plantas de los canutos enseñan sobre climas pasados y cómo prevenir el futuro. *Almoraima*, 27 (2002), pp. 157-168.
- BALAGUER, L.: Las limitaciones de la restauración de la cubierta vegetal. *Ecosistemas* 11 (2002). <http://www.aet.org/ecosistemas/021/revisionesb1.htm>
- BERJANO, R., Rivas, A., Mendoza, I., Medina, J. L., Fernández, L., Hampe, A., Castro, M.: Estructura de poblaciones de ojaranzo, avellanillo, laurel y acebo en el P. N. de Los Alcornocales. *Almoraima*, 27 (2002), pp. 179-188.
- BLOCK, W. A., Franklin, A. B., Ward, J. P., Ganey, J. L., White, G.C.: Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology*, 9 (2001), pp. 293-303.
- BROOKER, R. W., Callaghan, T. V.: The balance between positive and negative plant interactions and its relationship to environmental gradients: a model. *Oikos*, 81 (1998), pp. 196-207.
- CALLAWAY, R. M.: Positive interactions among plants. *The Botanical Review*, 61 (1995), pp. 306-349.
- CALLAWAY, R. M., Brooker, R. W., Choler, P., Kikvidze, Z., Lortie, C. J., Michalet, R., Paolini, L., Pugnaire, F. L., Newingham, B., Aschehoug, E. T., Armas, C., Kikodze, D., Cook, B. J.: Positive interactions among alpine plants increase with stress. *Nature*, 417 (2002), pp. 844-848.
- CHAVES, J. & Brea, G. Impacto de la roza sobre la regeneración del sotobosque de alcornocal en el Parque Natural Los Alcornocales (SW de España). *Almoraima*, 27 (2002), pp. 225-234.
- CLEWELL, A., Rieger, J., Munro, J.: *Guidelines for developing and managing ecological restoration projects*. Society for Ecological Restoration ([www.ser.org](http://www.ser.org)), 2000.
- DAVY, A. J.: Establishment and manipulation of plant populations and communities in terrestrial systems. En: Perrow, M. R., Davy, A. J. (eds.), *Handbook of Ecological Restoration, Vol. I: Principles of Restoration*, pp. 223-241. Cambridge University Press, Cambridge, 2002.
- DELIBES, M.: *Vida, la naturaleza en peligro*, Madrid, Temas de Hoy, 2001.
- ESCUADERO, A. & Iriondo, J. M.: Restauración de poblaciones de plantas amenazadas. En: Rey Benayas, J. M., Espigares, T., Nicolau, J. M. (eds.), *Restauración de ecosistemas mediterráneos*, pp. 113-139, Universidad de Alcalá, Servicio de Publicaciones, Madrid.
- FARIÑA, J. M.: Análisis técnico de reforestaciones de alcornoque. *Congreso sobre Forestación en las Dehesas*, Mérida, 1999.
- FORD, E. D.: *Scientific method for ecological research*, Cambridge, Cambridge University Press, 2000.
- HAMPE, A.: Fructificación, dispersión y reclutamiento del avellanillo (*Frangula alnus* subsp. *baetica*) en los canutos del P. N. de Los Alcornocales. *Almoraima*, 27 (2002), pp. 199-206
- HAMPE, A., Arroyo, J.: Recruitment and regeneration in populations of an endangered South Iberian Tertiary relict tree. *Biological Conservation*, 107 (2002), pp. 263-271.
- HARRINGTON, C. A.: Forests planted for ecosystem restoration or conservation. *New Forests*, 17 (1999), pp. 175-190.
- HARTLEY, M. J.: Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. *Forest Ecology and Management*, 155 (2002), pp. 81-95.
- HOLL, K. D., Cairns, J. Jr.: Monitoring and appraisal. En: Perrow, M. R., Davy, A. J. (eds.), *Handbook of Ecological Restoration, Vol. I: Principles of Restoration*, pp. 411-432. Cambridge University Press, Cambridge, 2002.

- JORDANO, P., Zamora, R., Marañón, T., Arroyo, J.: Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo: aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas*, 11 (2002), <http://www.aet.org/ecosistemas/021/revisionesb2.htm>.
- JURADO, V.: *Biogeografía, transformaciones históricas y gestión forestal de los bosques del Parque Natural de los Alcornocales (Cádiz-Málaga)*. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, 1999.
- LEAKEY, R.E. & Lewin, R.: *The sixth extinction: biodiversity and its survival*. Weidenfeld and Nicolson, 1996.
- LINARES, L. & Fariña, J. M. Estado actual y propuestas de gestión del alcornocal en montes del P. N. Los Alcornocales (Cádiz). *Actas del III Congreso Forestal Español*, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 2001.
- MEJÍAS, J. A., Arroyo, J., Ojeda, F.: Reproductive ecology of *Rhododendron ponticum* (Ericaceae) in relict Mediterranean populations. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 140 (2002), pp. 297-311.
- OJEDA, F., Arroyo, J., Marañón, T.: Biodiversity components and conservation of mediterranean heathlands in southern Spain, *Biological Conservation*, 72 (1995), pp. 61-72.
- PEMÁN, J. & Navarro, R.: *Re poblaciones forestales*. Servicio de publicaciones, Universidad de Lleida, 1998.
- PÉREZ LATORRE, A. V.: Restauración del alcornocal en Andalucía: elección y manejo de especies. *Ecología*, 10 (1996), pp. 9-19.
- PÉREZ LATORRE, A. V., Galán, A., Navas, P., Navas, D., Gil, Y., Cabezado, B.: Datos sobre la flora y vegetación del Parque Natural de los Alcornocales (Cádiz-Málaga, España). *Acta Botanica Malacitana*, 24 (1999), pp. 133-184.
- PÉREZ LATORRE, A. V., Cabezado, B., Navas, P., Navas, D., Gil, Y.: Helechos relictos del Parque Natural de los Alcornocales, *Quercus*, 191 (2002), pp. 22-26.
- PIETRZYKOWSKI, E., McArthur, C., Fitzgerald, H., Goodwin, A. N.: Influence of patch characteristics on browsing of tree seedlings by mammalian herbivores. *Journal of Applied Ecology*, 40 (2003), pp. 458-469.
- PRACH, K., Pysek, P.: Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: experience from Central Europe. *Ecological Engineering*, 17 (2001), pp. 55-62.
- QUINN, G. P. & Keough, M. J.: *Experimental design and data analysis for biologists*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002.
- RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, F., Lecointe, S., Marañón, T., Arroyo, J.: Diseño de restauraciones con especies de árboles y arbustos de interés ecológico en el Parque Natural Los Alcornocales (informe inédito), 2002.
- SÁNCHEZ, J. M.: Los alcornocales gaditanos: manejo histórico, estado selvícola y consecuencias para la gestión actual. *Actas del III Congreso Forestal Español*, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 2001.
- SÁNCHEZ, J. M.: Los bosques de Quejigo (*Quercus canariensis* Willd.) de las Sierras del Aljibe y Campo de Gibraltar: manejo histórico, estado selvícola y propuestas para su gestión. *Almoraima*, 27 (2002), pp. 281-292.
- SCHEINER, S. M. & Gurevitch, J.: *Design and analysis of ecological experiments*, Nueva York, Oxford University Press, 2001.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION SCIENCE & POLICY WORKING GROUP: *The SER Primer on Ecological Restoration*. <http://www.ser.org>, 2002.
- STANTURF, J., Schoenholtz, S., Schweitzer, C., Shepard, J.: Achieving restoration success: myths in bottomland hardwood forests. *Restoration Ecology*, 9 (2001), pp. 189-200.
- TORRES, E.: El problema de la regeneración en el alcornocal. En: Oliveros, F. & Sánchez Vela, R. (eds.) *Jornadas sobre Manejo y Conservación de Alcornocales*, pp. 10-12, Jerez, Parque Natural Los Alcornocales, 2001.
- VALLEJO, R., Cortina, J., Vilagrosa, A., Seva, J. P., Alloza, J. A.: Problemas y perspectivas de la utilización de leñosas autóctonas en la restauración forestal. En: Rey Benayas, J. M., Espigares, T., Nicolau, J. M. (eds.), *Restauración de ecosistemas mediterráneos*, pp. 11-42. Universidad de Alcalá, Servicio de Publicaciones, Madrid, 2003.
- VV. AA. (eds. F. Oliveros y R. Sánchez): *Conclusiones de las Jornadas sobre manejo y conservación de alcornocales*, Jerez, Parque Natural Los Alcornocales, 2001.
- ZAMORA, R., Gómez, L., Castro, J., Hódar, J. A., Gómez, J. M., Elola, S., Montes, J.: Los matorrales facilitan la supervivencia de los brinzales en el monte mediterráneo: evaluación de una nueva técnica de repoblación forestal. *Actas del III Congreso Forestal Español*, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 2001.

Este trabajo pudo realizarse gracias al convenio de colaboración entre la Consejería de Medio Ambiente, la Universidad de Sevilla y TRAGSA. Este trabajo se enmarca dentro de la línea de investigación sobre restauración forestal de la Red para el Estudio y Conservación del Bosque Mediterráneo (REDBOME).