

El fascinante mundo de los *Quercus*: desde la biología molecular hasta la ecología de comunidades

I.M. Pérez-Ramos^{1*}, R. Villar², T. Mara¹

(1) Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS, CSIC), Avenida Reina Mercedes 10, Sevilla 41012, España.

(2) Área de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba, España.

* Autor de correspondencia: I.M. Pérez-Ramos [imperez@irnase.csic.es]

> Recibido el 8 de julio de 2014, aceptado el 17 de julio de 2014.

Pérez-Ramos, I.M., Villar, R., Mara¹, T. 2014. El fascinante mundo de los *Quercus*: desde la biología molecular hasta la ecología de comunidades. *Ecosistemas* 23(2):1-4. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.01

¿Por qué un monográfico sobre *Quercus*?

Es bien conocido por todos que la ciencia se mueve por modas y tendencias, en gran parte promovidas por el interés cambiante de la sociedad y la resolución de los problemas ambientales que acompañan al desarrollo tecnológico (Carmel et al. 2013; Mara¹ et al. 2014). Algo similar ocurre con las especies focales de estudio, cobrando mayor protagonismo en las investigaciones científicas aquellas que por su abundancia, su rareza, su interés económico o su papel dentro de la comunidad, son especialmente relevantes para el ecosistema del que forman parte. Entre las especies de plantas más estudiadas destacan aquellas pertenecientes al género *Quercus*, que han sido y continúan siendo foco central de numerosos estudios científicos relacionados con la ecología y gestión de los diferentes ecosistemas donde son dominantes.

En primer lugar, el género *Quercus* cuenta con numerosas especies arbóreas y arbustivas (alrededor de 400, según inventarios recientes; Valencia 2004; Menitsky 2005), que se encuentran repartidas por todo el hemisferio norte y juegan un papel dominante en determinados ecosistemas forestales de Asia, Europa, África y Norte América (Axelrod 1983). A otra escala espacial, las especies de *Quercus* se distribuyen a lo largo de diferentes altitudes (desde el nivel del mar hasta los 4000 metros del Himalaya) así como en una gran diversidad de hábitats con condiciones abióticas fuertemente contrastadas (desde marismas hasta zonas desérticas).

En segundo lugar, algunas especies de *Quercus* juegan un papel fundamental en muchos bosques y sabanas de zonas templadas, que se caracterizan por presentar una baja diversidad de especies arbóreas en comparación con los bosques tropicales, llegando a ser frecuentemente dominados por tan sólo una o dos especies de árbol (Walter 1985). Esto implica que la dinámica y funcionamiento de estos ecosistemas están fuertemente condicionados por los procesos que dirigen la dinámica y persistencia de sus poblaciones dominantes de *Quercus* (McShea y Healy 2002).

En tercer lugar, las especies de *Quercus* proporcionan una alta diversidad de servicios ecosistémicos. Los bosques dominados por *Quercus* son especialmente importantes por los servicios de abastecimiento (madera, leña, corcho, alimento para el ganado), regulación (secuestro de carbono y mitigación del cambio climático,

formación y protección del suelo, mejora de calidad del aire y agua) y culturales (recreativos, paisajísticos, de identidad cultural) que ofrecen a la sociedad (Mara¹ et al. 2012).

Por todas estas razones, las especies de *Quercus* y los organismos que interactúan con ellas se han convertido en claros protagonistas de un sinfín de investigaciones y actuaciones relacionadas con la ecología y gestión de bosques y sabanas. En el presente monográfico tratamos de recoger una visión amplia y actualizada del estado del arte científico que envuelve a las especies de *Quercus* en España, ofreciendo algunas pinceladas sobre diferentes aspectos relacionados con la regeneración, la fisiología, la diversidad genética y la distribución de este género tan emblemático de plantas. Además, se destacan las principales tendencias en la investigación actual relacionada con *Quercus* y se resalta la aplicabilidad de nuevas aproximaciones y herramientas (microsatélites, proteómica o aproximación funcional) que son potencialmente útiles para la conservación y gestión de ecosistemas dominados por estas especies. Por tanto, este monográfico recoge una amplia colección de artículos donde las especies de *Quercus* han sido investigadas a diferentes niveles jerárquicos, desde la biología molecular hasta la ecología de comunidades.

Este monográfico surgió a raíz de la celebración de dos foros de investigación, donde reunimos decenas de investigadores relacionados con el mundo de los *Quercus*: (1) el simposio titulado "Quercus: decaimiento, regeneración y gestión frente al cambio global", que tuvo lugar en el marco del XI Congreso Nacional de la AEET (Pamplona, Mayo 2013); y (2) el encuentro internacional titulado "Oak forests coping with global change: ecology and management", que fue financiado por la Universidad Internacional de Andalucía (Baeza, Octubre 2013; para más detalles ver Pérez-Ramos et al. 2013). Aunque en el presente monográfico no han tenido cabida todos los trabajos presentados en ambos foros, los artículos que lo componen reflejan la alta variedad de temas que actualmente ocupan a los investigadores y gestores de los bosques y sabanas dominados por especies de *Quercus*. Los artículos del monográfico han sido estructurados en diferentes bloques temáticos (Ecología de Regeneración, Fisiología y Ecología Funcional, Biología Molecular, Distribución de especies, y Tendencias en Investigación), donde los autores han revisado los resultados recién

tes recogidos en la comunidad científica (artículos de revisión) o han ilustrado temas específicos con casos de estudio procedentes de sus propias investigaciones (artículos de investigación).

Ecología de regeneración

Los estudios centrados en las fases iniciales del ciclo de vida de la planta son especialmente útiles para detectar alteraciones en la dinámica y composición de las comunidades de plantas debido a su mayor vulnerabilidad a las variaciones climatológicas (Silvertown y Charlesworth 2001; Jump et al. 2007). El primer bloque del monográfico está constituido por seis artículos cuyo principal nexo de unión es la ecología de regeneración.

En primer lugar, Díaz (2014) ofrece una visión global actualizada de la configuración espacial del arbolado y del paisaje en los sistemas adhesionados y sus efectos sobre la diversidad biológica y el proceso de regeneración natural de las especies dominantes de *Quercus*. Una de las principales conclusiones a las que llega es que el adhesionamiento favorece las transiciones de las fases pre-dispersivas del ciclo regenerativo, pero colapsa el proceso de dispersión de semillas, presumiblemente debido a los efectos negativos del riesgo de depredación sobre la eficacia (tanto cuantitativa como cualitativa) de los dispersores de bellotas. De cara al manejo de este tipo de ecosistemas antropizados, propone algunas medidas dirigidas a la conservación de las dehesas que permitan contribuir a su sostenibilidad económica a la vez que garanticen la regeneración satisfactoria del arbolado.

En segundo lugar, Pérez-Ramos (2014) hace una revisión sobre las principales dificultades a las que tienen que enfrentarse las especies mediterráneas de *Quercus* a lo largo de sus ciclos regenerativos en ambientes espacialmente heterogéneos, y sintetiza las principales consecuencias del esperable incremento de aridez sobre el reclutamiento de estas especies con el fin último de tratar de predecir cómo serán los bosques mediterráneos de *Quercus* en el futuro. Una de las principales conclusiones sugeridas en este trabajo es que el aumento de aridez pronosticado por los modelos de cambio climático limitará aún más la capacidad de regeneración natural de estas especies, alterará sus patrones de abundancia relativa en la comunidad y potenciará el papel facilitador del matorral como elemento clave para el establecimiento exitoso de plántulas y brinzales.

En un contexto de cambio global se centra también el artículo de investigación de Valladares et al. (2014), donde se evalúan los efectos del clima y la fragmentación sobre la regeneración de la encina en rodales de bosques continuos y fragmentados localizados en dos zonas de clima contrastado. Los resultados de este trabajo sugieren que los procesos de fragmentación podrían atenuar algunos efectos negativos del cambio climático, en concreto la disminución de productividad de la encina asociada al creciente estrés hídrico. Sin embargo, dado que el cambio climático opera directamente sobre otros procesos como la fenología de los árboles y de los dispersores de semillas, podría llevar a desacoples entre los ritmos vitales de ambos grupos de organismos y afectar negativamente al mutualismo entre ambos.

Relacionado con el proceso de dispersión de semillas se centra el trabajo de Perea et al. (2014), que revisa el papel que juegan las interacciones planta-animal en la demografía de las especies mediterráneas de *Quercus*, tomando como ejemplo el caso del rebollo (*Q. pyrenaica*). Concretamente, se sintetizan las principales interacciones mutualistas (dispersión de semillas) y antagonistas (depredación de semillas y ramoneo de plántulas) en las que intervienen estas especies de *Quercus* con el fin de proporcionar bases científicas para una mejor gestión y conservación de sus ecosistemas. Los autores concluyen que existen interacciones multi-tróficas (p. ej. bellota-depredador-dispersor) y fenómenos de facilitación (plántula-matorral) que revelan la importancia de las relaciones múltiples en la regeneración de los rebollares y que deben ser consideradas en los planes de manejo y restauración de dichas masas forestales.

Con aplicaciones prácticas para la gestión forestal se encuentra el artículo de Leverkus et al. (2014), donde evalúan la colonización por encinas de un pinar de repoblación incendiado en Sierra Ne-

vada, y exploran cómo el manejo de la madera quemada y la permanencia de pinos vivos tras el incendio afectan a este proceso. Los resultados de este trabajo muestran que la presencia de encinas favorece la recuperación de la vegetación tras el incendio tanto por su capacidad de rebrote como por el reclutamiento posterior al incendio debido a la dispersión de bellotas por arrendajos. De cara a la restauración de este tipo de ecosistemas, los autores proponen que la gestión de los bosques incendiados tenga en cuenta el potencial de regeneración natural de las plantas existentes y que la extracción total de la madera deje de ser una práctica silvícola realizada por defecto.

Por último, el artículo de Carbonero y Fernández-Rebollo (2014) versa sobre un tema ecológico que continúa suscitando un intenso debate en la actualidad: el proceso de vecería, que puede definirse como la alta variabilidad inter-anual en la producción de semillas, altamente sincrónica, que exhiben numerosas especies leñosas como es el caso de los *Quercus* (Silvertown 1980). Concretamente, estas autoras testan la influencia de la climatología sobre la producción de bellotas y el peso medio de las mismas en una dehesa del sur de España caracterizada por su alta productividad. Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto el papel clave que juega el clima sobre la producción de semillas, siendo determinantes las condiciones acaecidas al inicio de la primavera y del otoño para la cosecha final de semillas, mientras que las condiciones del verano e inicio del otoño son más influyentes sobre el tamaño medio de la bellota.

Fisiología y ecología funcional en especies de *Quercus*

La ecología funcional trata de evaluar cómo las características de la planta (incluyendo las fisiológicas, morfológicas, fenológicas, etc.) son importantes para entender el funcionamiento de las especies, comunidades y ecosistemas de los que forman parte (Boyce 2005). Esta comprensión básica es también importante desde un punto aplicado ya que puede aportarnos información clave sobre cómo los ecosistemas están respondiendo a los rápidos cambios globales que están aconteciendo. El segundo bloque temático del monográfico consta de cuatro artículos relacionados con la fisiología, crecimiento y ecología funcional en especies de *Quercus* y su relación con las estrategias de resistencia a la sequía. La sequía es uno de los principales factores causantes del deterioro de los bosques de *Quercus* en muchas regiones del mundo (Johnson et al. 2002; Shifley et al. 2006) y en particular en la región mediterránea.

En primer lugar, Aranda et al. (2014) presentan una revisión sobre las respuestas funcionales de especies de *Quercus* al estrés provocado por sequía, incluyendo aspectos evolutivos, de variación genética y plasticidad fenotípica. Se revisan diferentes mecanismos de tolerancia y evitación de la sequía que explican el éxito de numerosas especies de *Quercus* en ambientes con importantes limitaciones hídricas. Estos autores muestran cómo muchas especies de este género han desarrollado mecanismos de resistencia al estrés hídrico en combinación con caracteres funcionales y morfológicos, que evitan la deshidratación de los tejidos aéreos y les permiten ser muy efectivas en ambientes caracterizados por una fuerte restricción hídrica. Destacan también el papel que puede tener la variabilidad intraespecífica a diferentes niveles (población, línea materna e individuo) en la respuesta a la sequía.

En segundo lugar, Camarero et al. (2014) evalúan la respuesta de la encina (*Q. ilex*) y el quejigo (*Q. faginea*) al evento extremo de sequía que ocurrió en 2011 - 2012 en el noreste de España. En su trabajo muestran cómo el crecimiento de los árboles y las características de los vasos del xilema están relacionados con la vulnerabilidad a la sequía. Así, por ejemplo, los individuos de encina más defoliados presentaron menor altura, tasas más bajas de crecimiento y vasos xilemáticos de menor área. En el quejigo, los individuos más defoliados son los que mostraron una mayor pérdida de crecimiento en respuesta a las elevadas temperaturas de primavera y verano.

En tercer lugar, [de la Riva et al. \(2014\)](#) analizan las relaciones existentes entre los rasgos funcionales en cinco especies de *Quercus* repartidas por el sur de España con el fin de identificar la diversidad de estrategias para la captación de recursos, y comprobar si existe coordinación entre los rasgos medidos a nivel de hoja, tallo y raíz. Los resultados de este trabajo muestran que las especies estudiadas de *Quercus* presentan claros patrones en sus estrategias funcionales que están relacionados con su distribución, apareciendo un gradiente desde especies más conservativas en el uso de recursos (que abundan en condiciones de menor disponibilidad de agua) hasta especies con rasgos más adquisitivos (que son más frecuentes en zonas más húmedas). A su vez, encuentran una fuerte coordinación entre los patrones de rasgos funcionales encontrados a nivel de hoja, tallo y raíz, que apoya la existencia de un “espectro de economía” a nivel de la planta entera.

Finalmente, [Villar et al. \(2014\)](#) analizan la influencia de los caracteres morfológicos y de reparto de biomasa sobre la tasa de crecimiento relativo en diferentes especies de *Quercus*, a dos escalas ontogenéticas diferentes (brinzales y árboles adultos). Los resultados de este trabajo muestran que el área específica foliar (SLA) es uno de los rasgos más determinantes para explicar las diferencias de crecimiento entre especies de *Quercus*. Considerando los datos de biomasa de árboles, observaron que la proporción de hoja y de raíz disminuía con el tamaño, mientras que la proporción de tallo aumentaba con éste. Otro de los factores que afectó significativamente al crecimiento fue el tamaño de la planta, de forma que árboles de mayor tamaño crecían más lentamente.

Aplicaciones de la biología molecular

Las nuevas herramientas de biología molecular permiten establecer las relaciones de parentesco entre árboles y sus progenies, así como profundizar en la estructura y diversidad genética de sus poblaciones. Este bloque temático consta de dos artículos que resaltan la aplicabilidad de recientes herramientas moleculares para la conservación y gestión de ecosistemas dominados por especies de *Quercus*.

En primer lugar, [Valbuena-Carabaña y Gil \(2014\)](#) han aplicado técnicas moleculares (microsatélites nucleares, nSSR) a rebollos (*Quercus pyrenaica*) en rodales de monte bajo resalveado en Sierra Nevada, encontrando una elevada diversidad genética, resultado contrario al que se esperaba. Los autores concluyen que la diversidad genética de los montes bajos (al menos de *Q. pyrenaica*) no está amenazada, sino que esta especie de *Quercus* presenta una importante resiliencia al manejo tradicional histórico. Sin embargo, la gestión tradicional ha llevado a una “fossilización” generalizada de los bosques españoles y es necesario un cambio de gestión. En los montes bajos de *Q. pyrenaica*, el envejecimiento de las cepas y la acumulación de biomasa radical, con el consiguiente aumento de respiración, puede provocar un desequilibrio con la parte aérea fotosintetizadora que se refleja en un menor crecimiento y en ausencia de reproducción.

En segundo lugar, [Jorrín-Novo y Navarro-Cerrillo \(2014\)](#) revisan algunos trabajos acerca de la variabilidad de la encina en el Sur de la Península Ibérica desde una perspectiva molecular, concretamente la proteómica. La variabilidad molecular existente en poblaciones naturales de encina se relaciona con su capacidad para encontrarse en ambientes muy distintos y su capacidad de adaptación frente a cambios climáticos que acontecieron en el pasado. Estos autores concluyen que el conocimiento de dicha variabilidad puede ser clave para la aplicación de programas de conservación y gestión exitosos de cara a los retos que plantea el futuro, seleccionándose aquellos materiales de base mejor adaptados a los riesgos derivados de estreses bióticos y abióticos.

Patrones de distribución de especies

Las ordenaciones históricas de montes y los inventarios que las acompañan son una herramienta muy útil para conocer la evolución

reciente de los bosques. Los estudios de distribución potencial de las especies de *Quercus*, en función del clima y suelo, son importantes para seleccionar las especies más adecuadas para la restauración de zonas degradadas. En relación a los patrones de distribución (real o potencial) de las especies de *Quercus*, se han incluido en este monográfico dos artículos.

En el primero de ellos, [Tiscar \(2014\)](#) muestra el incremento de las poblaciones de encinas (*Q. ilex*) y quejigos (*Q. faginea*) en la sierra de Cazorla, analizando una serie de inventarios para el período 1920 - 2010. A pesar del aumento, las especies de *Quercus* suponen actualmente solo una pequeña parte (15 % de encinares y 2 % de quejigares) de la superficie forestal, dominada fuertemente (83 %) por el pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*). Este patrón se explica porque los pinos colonizaron mejor que las quercíneas los espacios vacíos y además se han aplicado tratamientos selvícolas orientados al beneficio de los pinares. Finalmente concluye que para aumentar la proporción de encinares y quejigares haría falta implementar medidas selvícolas específicas.

Relacionado con la distribución potencial de especies, [Rodríguez-Ochoa et al. \(2014\)](#) han cartografiado el área que ocuparía la encina (*Q. ilex* subsp. *ballota*) en la Depresión de Sariñena (Huesca). En esta zona, la encina está limitada por la baja disponibilidad hídrica en suelos de escasa capacidad de retención de agua y clima semiárido (precipitaciones medias anuales de 401 - 503 mm). También estaría excluida de las zonas con suelos salinos-sódicos, que representan el 27 % de la superficie de estudio.

Tendencias en la investigación sobre especies de *Quercus*

Este número monográfico se cierra con un artículo de [Marañón et al. \(2014\)](#) sobre las tendencias de investigación en ecología y gestión de especies de *Quercus*. En el análisis bibliométrico de más de 13 000 artículos relacionados con las especies de *Quercus* destaca la importancia de los investigadores en España (segundo país en número de publicaciones). La encina (*Q. ilex*) es la especie de *Quercus* más abundante en España y la que ha recibido más atención investigadora. Los temas de estudio más recurrentes han sido: cambio climático, regeneración, efectos de la sequía, perturbación y riqueza de especies. Los expertos que participaron en el análisis de este trabajo han identificado que los estudios relacionados con el cambio global, la demografía y las interacciones bióticas deben seguir siendo apoyados para profundizar en el conocimiento de estas especies de árboles y arbustos de gran importancia ecológica y social, y adaptar su gestión a las condiciones cambiantes del siglo XXI.

Esperamos que la edición del presente monográfico despierte el interés de estudiantes e investigadores y contribuya a mantener viva la investigación sobre ecología y gestión de este género tan emblemático de plantas. Por otra parte, confiamos que el conocimiento aportado en las 16 contribuciones (incluyendo esta editorial) sea de utilidad para los técnicos y gestores que cotidianamente cuidan, mantienen y aprovechan de una forma sostenible este patrimonio natural de indudable interés botánico, ecológico y social.

Agradecimientos

Como editores del presente monográfico queremos agradecer la predisposición y el buen hacer de todos los autores y revisores que han participado en los diferentes manuscritos. También queremos darles las gracias a Luis Cayuela, Carolina Puerta-Piñero y Leyre Jiménez-Eguizábal por su inmejorable labor de coordinación editorial. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto coordinado DIVERBOS (CGL2011-30285-C02-01 y CGL2011-30285-C02-02), el proyecto ANASINQUE (PGC2010-RNM-5782) de la Junta de Andalucía, el proyecto Life + Biodehesa (11/BIO/ES/000726) y los fondos europeos FEDER. Agradecemos a la Asociación Española de Ecología Terrestre y a la Universidad Internacional de Andalucía por el apoyo aportado durante la realización de los simposios.

Referencias

- Aranda, I. Ramírez-Valiente, J.A., Rodríguez-Calcerrada, J. 2014. Características funcionales que influyen en la respuesta a la sequía de las especies del género *Quercus*: variación inter- e intra-específica. *Ecosistemas* 23(2):27-36. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.05.
- Axelrod, D.I. 1983. Biogeography of oaks in the Arcto-Tertiary province. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 70:629-657
- Boyce, C.K. 2005. The Evolutionary History of Roots and Leaves. En: Holbrook, N.M., Zwieniecki, M.A. (eds.). *Vascular Transport in Plants*, pp. 479– 500. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, Estados Unidos.
- Camarero, J.J., Vergarechea, M., Sangüesa-Barreda, G., Ainslie, R.C. 2014. ¿Condicionan el crecimiento previo y el tamaño del árbol el decaimiento inducido por sequía en dos especies de *Quercus*?. *Ecosistemas* 23(2): 73-81. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.10.
- Carbonero, M.D., Fernández-Rebollo, P. 2014. Dehesas de encinas. Influencia de la meteorología en la producción de bellotas. *Ecosistemas* 23(2): 55-63. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.08.
- Carmel, Y., Kent, R., Bar-Massada, A., Blank, L., Liberzon, J., Nezer, O., Sapir, G., Federman, R. 2013. Trends in Ecological Research during the Last Three Decades—a systematic review. *PLoS One* 8(4):e59813.
- De la Riva, E.G., Pérez-Ramos, I.M., Navarro-Fernández, C.M., Olmo, M., Marañón, T., Villar, R. 2014. Rasgos funcionales en el género *Quercus*: estrategias adquisitivas frente a conservativas en el uso de recursos *Ecosistemas* 23(2): 82-89. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.11.
- Díaz, M. 2014. Distribución del arbolado y persistencia a largo plazo de las dehesas: patrones y procesos. *Ecosistemas*. 23(2):5-12. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.02.
- Johnson, P.S., Shifley, S.R., Rogers, R., 2002. *The Ecology and Silviculture of Oaks*. CABI Publishing, New York, Estados Unidos.
- Jorrín-Novo, J., Navarro-Cerrillo, R.M. 2014. Variabilidad y respuesta a distintos estreses en poblaciones de encina (*Quercus ilex* L.) en Andalucía mediante una aproximación proteómica. *Ecosistemas* 23(2): 99-107. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.13.
- Jump, A., Hunt, J.M., Peñuelas, J., 2007. Climate relationships of growth and establishment across the altitudinal range of *Fagus sylvatica* in the Montseny Mountains, NE Spain. *Ecoscience* 14:507–518.
- Leverkus, A.B., Castro, J. Rey-Benayas, J.M. 2014. Regeneración post-incendio de la encina en pinares de repoblación mediterráneos. *Ecosistemas* 23(2): 48-54. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.07.
- Marañón, T., Ibáñez, B., Anaya-Romero, M., Muñoz-Rojas, M., Pérez-Ramos, I. M. 2012. Oak trees and woodlands providing ecosystem services in southern Spain. En: Roterham, I. D. et al. (eds.). *Trees Beyond the Wood. An exploration of concepts of woods, forests and trees*, pp. 369-378. Wildtrack Publishing, Venture House, Sheffield, Reino Unido
- Marañón, T., Padilla Díaz C. M., Pérez-Ramos, I. M., Villar, R. 2014. Tendencias en la investigación sobre ecología y gestión de las especies de *Quercus*. *Ecosistemas* 23(2): 124-129. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.16.
- McShea, W.J., Healy, W.M. (eds.) 2002. *Oak forest ecosystems: ecology and management for wildlife*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Estados Unidos.
- Menitsky, Y.L. 2005. *Oaks of Asia*. Science Publishers, Enfield (NH), Estados Unidos, 549 pp. (libro original en ruso, 1984).
- Perea, R., San Miguel, A., Gil, L. 2014. Interacciones planta-animal en la regeneración de *Quercus pyrenaica*: ecología y gestión. *Ecosistemas* 23(2):18-26. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.04.
- Pérez-Ramos, I. M. 2014. El milagro de regenerar en especies mediterráneas de *Quercus*. ¿Cómo serán los bosques del futuro?. *Ecosistemas* 23(2):13-17. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.03.
- Pérez-Ramos, I. M., Villar, R., Marañón, T. 2013. Síntesis del Encuentro Internacional sobre Ecología y Manejo de bosques de *Quercus* bajo una perspectiva de Cambio Global. *Ecosistemas* 22 (3):141-142.
- Rodríguez-Ochoa, R., Olarieta, J.R., Chocarro, C., Martínez, V., Bilbao, I. 2014. Autoecología y distribución potencial de la encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) en la zona norte de Monegros. *Ecosistemas* 23(2): 108-115. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.14
- Shifley, S.R., Fan, Z., Kabrick, J.M., Jensen, R.G. 2006. Oak mortality risk factors and mortality estimation. *Forest Ecology and Management* 229:16-26.
- Silvertown, J. 1980. The evolutionary ecology of mast-seeding in trees. *Biological Journal of the Linnean Society* 14:235-250.
- Silvertown, J., Charlesworth, D. 2001. *Introduction to Plant Population Biology*. Blackwell Science, Oxford, Reino Unido.
- Tiscar, P. A. 2014. Pautas de distribución de encinas y quejigos en un pinar de la Sierra de Cazorla (Jaén) tras 90 años de ordenación forestal. *Ecosistemas* 23(2): 116-123. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.15.
- Valbuena-Carabaña, M., Gil, L. 2014. Efectos de la gestión selvícola pasada y presente sobre la diversidad genética actual y futura de *Quercus pyrenaica* Willd. en Sierra Nevada. *Ecosistemas* 23(2):90-98. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.12.
- Valencia, S.A. 2004 Diversidad del genero *Quercus* (Fagaceae) en Mexico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:33-54.
- Valladares, F., Flores-Rentería, D., Forner, A., Morán-López, T., Díaz, M. 2014. Influencia de la fragmentación y el clima en procesos clave para la regeneración del encinar. *Ecosistemas* 23(2):37-47. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.06.
- Villar, R., López-Iglesias, B., Ruiz-Benito, P., Zavala, M.A., de la Riva, E.G. 2014. Crecimiento de plántulas y árboles de seis especies de *Quercus*. *Ecosistemas* 23(2): 64-72. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.09.
- Walter, H. 1985. *Vegetation of the earth*. Springer-Verlag, Berlín, Alemania. 318 pp.