



## LA EXPANSIÓN DEL QUEJIGO (*Quercus faginea*) EN EL PREPIRINEO ARAGONÉS DURANTE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

### *The expansion of Quercus faginea in the Aragón's Pre-Pyrenees over the second part of the twentieth century*

Y. Kouba & C. L. Alados

Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC. Avda. Montañana 1005, PO Box 13034, ES-50192 Zaragoza. [kouba\\_yacine@yahoo.fr](mailto:kouba_yacine@yahoo.fr)

**Recibido:** 16-12-2013. **Aceptado:** 24-02-2014. **Fecha de publicación on-line:** 11/06/2014

**Citation / Cómo citar este artículo:** Kouba, Y. & Alados, Concepción L. (2014). La expansión del quejigo (*Quercus faginea*) en el Prepirineo Aragonés durante la segunda mitad del siglo XX. *Pirineos*, 169, e002. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2014.169002>

**RESUMEN:** Se investigó la expansión de *Quercus faginea* Lam. (quejigo) debida a la disminución de la presión antrópica en siete municipios del Prepirineo Aragonés durante la segunda mitad del siglo XX. La emigración rural que ha ocurrido en esta zona a partir de los años sesenta ha producido un abandono masivo de las tierras agrícolas junto con la disminución de la presión pastoral. Como resultado algunos de los campos abandonados han sido colonizados por el quejigo, sobre todo en los municipios con una disminución notable en el número de agricultores y cabezas de ganado. Se espera que, con la continua disminución de la presión humana en el territorio, los quejigares colonicen nuevas áreas en los próximos años como resultado de la sucesión secundaria.

**PALABRAS CLAVE:** Montes bajos; terrazas abandonadas; bosques secundarios; población y ganado; presión humana en el territorio

**ABSTRACT:** The expansion of *Quercus faginea* Lam. -due to a decrease in human pressure- was investigated in seven municipalities of the Aragón's Pre-Pyrenees over the second half of the twentieth century. The rural emigration that occurred in this area since 1960s has generated a massive abandonment of agricultural lands and a decrease in livestock pressure. As a result, some abandoned fields have been colonized by *Q. faginea*; specially, in the municipalities that have known a marked decrease in the numbers of farmers and livestock. With the continued decrease of human pressure in the territory, it is expected that *Q. faginea* will colonize new areas during the next years as a result of secondary succession.

**KEYWORDS:** Coppices; abandoned terraces; secondary forests; population and livestock; human pressure in the territory

## 1. Introducción

Desde hace miles de años la cuenca mediterránea está sometida a cambios constantes en los usos de suelo (Quezel & Barbero, 1990; Houërou, 1981), habiendo dominado la deforestación para aumentar la superficie de las tierras cultivadas y los pastos (Barbero *et al.*, 1990). Durante la segunda parte del siglo veinte, sin embargo, esta dinámica ha variado debido a cambios socioeconómicos (Margaris *et al.*, 1996; Lasanta & Vicente-Serrano, 2007). Mientras que en los países de la parte sur de la cuenca mediterránea la deforestación y la presión sobre las tierras continúa, en los países euro-mediterráneos se han abandonado muchos campos de cultivo y se ha reducido la presión pastoral (MacDonald *et al.*, 2000). Estos cambios en el uso del suelo han provocado en estos últimos países un cambio significativo en el paisaje, en particular la regeneración natural de la vegetación en los campos abandonados (Margaris *et al.*, 1996; MacDonald *et al.*, 2000).

En el Prepirineo Aragonés las zonas rurales han experimentado cambios socioeconómicos profundos, con un gran despoblamiento, muy especialmente entre las décadas sesenta y ochenta. Ello ha supuesto el abandono de importantes superficies anteriormente cultivadas, la disminución de la presión pastoral y cambios en las fuentes de alimentación del ganado (García-Ruiz & Lasanta, 1990; Lasanta *et al.*, 2010). Estos cambios han afectado a la dinámica de los ecosistemas, desencadenándose un proceso de revegetación con avance del bosque y de los matorrales como consecuencia de la sucesión secundaria (Lasanta *et al.*, 2000, 2010; Vicente-Serrano *et al.*, 2000).

Algunos estudios previos han argumentado que los campos abandonados solo llegan a ser totalmente recubiertos con matorral o bosque en las áreas donde la sucesión no ha sido interrumpida por las actividades humanas, principalmente el pastoreo y la agricultura (Lasanta *et al.*, 2010). Otros estudios recientes han documentado la instalación de nuevas masas de *Quercus faginea* Lam. (quejigo) en el Prepirineo Aragonés (Kouba & Alados, 2012; Kouba *et al.*, 2012), especialmente en las terrazas abandonadas, durante la segunda parte del siglo XX como resultado de la sucesión (Kouba *et al.*, 2012). Aunque los bosques de quejigo tienen un papel relevante en la conservación de la diversidad biológica (Kouba *et al.*, 2011; Maltez-Mouro *et al.*, 2009; Rey Benayas *et al.*, 2005), pocos trabajos han tratado de estudiar la dinámica de los quejigares del Prepirineo Aragonés. Este trabajo parte de la hipótesis de que existe una relación entre los cambios socioeconómicos que han ocurrido en el Prepirineo Aragonés durante la segunda mitad del siglo veinte y la expansión del quejigo. Particularmente, queremos saber si la colonización del quejigo de algunas zonas del Prepirineo es realmente el resultado de la reducción de la presión antrópica en el territorio como consecuencia del abandono de las tierras agrícolas y la disminución de la presión pastoral.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Situación geográfica y descripción de la zona de estudio

Se ha seleccionado un área de 1363 km<sup>2</sup> en el Prepirineo Aragonés que incluye siete municipios: Jaca, Sabinánigo, Arguis, Nueno, Caldearenas, Loarre y Las Peñas de Riglos. El área se caracteriza por una gran variación altitudinal, desde los 500 m en las Sierras Interiores a los 2000 m en las zonas más altas (Figura 1). El clima es sub-Mediterráneo con influencia continental en la parte norte y con influencia Mediterránea en la parte Sur. La precipitación media anual es de 1317 mm y la temperatura media anual es de 11,5 °C (Kouba *et al.*, 2012). Las precipitaciones presentan fuerte variación estacional y el periodo con mayor pluviosidad ocurre entre octubre y junio (Lasanta *et al.*, 2000). El sustrato litológico está dominado por rocas areniscas, lutitas, margas y calizas. La cobertura vegetal es muy variada e incluye pinares de *P. sylvestris*, *P. nigra* (naturales o repoblados), *Fagus sylvatica*, *Q. ilex*, y *Q. faginea*. Los bosques de quejigo se extienden principalmente en las zonas del flysch y rocas detríticas eoceno-oligocenas de la depresión media pirenaica (800-2000 m). También existen matorrales dominados por *Q. coccifera* y *Buxus sempervirens*, pastizales, campos abandonados y terrenos agrícolas.

### 2.2. Identificación y cuantificación de los cambios en la superficie ocupada por los bosques de quejigo entre 1957-2006

En primer lugar se han elaborado los mapas de distribución de *Q. faginea* en los años 1957 y 2006 (Figura 1). El mapa de distribución en 1957 se ha elaborado mediante la interpretación visual de las fotos aéreas del año 1957 proporcionados por el Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire. Basándonos en los trabajos publicados (Molinillo *et al.*, 1997; Monserrat, 1990) y en nuestra propia inspección de las fotos aéreas, hemos asumido que sólo las zonas que eran ocupadas por matorral en 1957 podrían haberse transformado en manchas de *Q. faginea* en 2006, por lo que las manchas de matorral se han incluido en el mapa de 1957. El mapa de distribución en 2006 fue elaborado a partir del tercer Inventario Nacional Forestal (IFN3; MMA, 2007). Para ello se seleccionaron las manchas de bosque en las que el quejigo era una de las tres especies arbóreas más abundantes. Las manchas de distribución de la vegetación fueron corregidas con la ayuda de las fotos aéreas orto-rectificadas a escala 1:30000 del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA, 2006). Debido a que *Q. faginea* se hibrida con *Q. pubescens*, haciendo difícil la identificación de individuos (Himrane *et al.*, 2004; Loidi & Herrera, 1990), hemos incluido los híbridos (principalmente *Q. subpyrenaica*) con *Q. faginea*. Hay que señalar que hemos usado una unidad mínima carto-

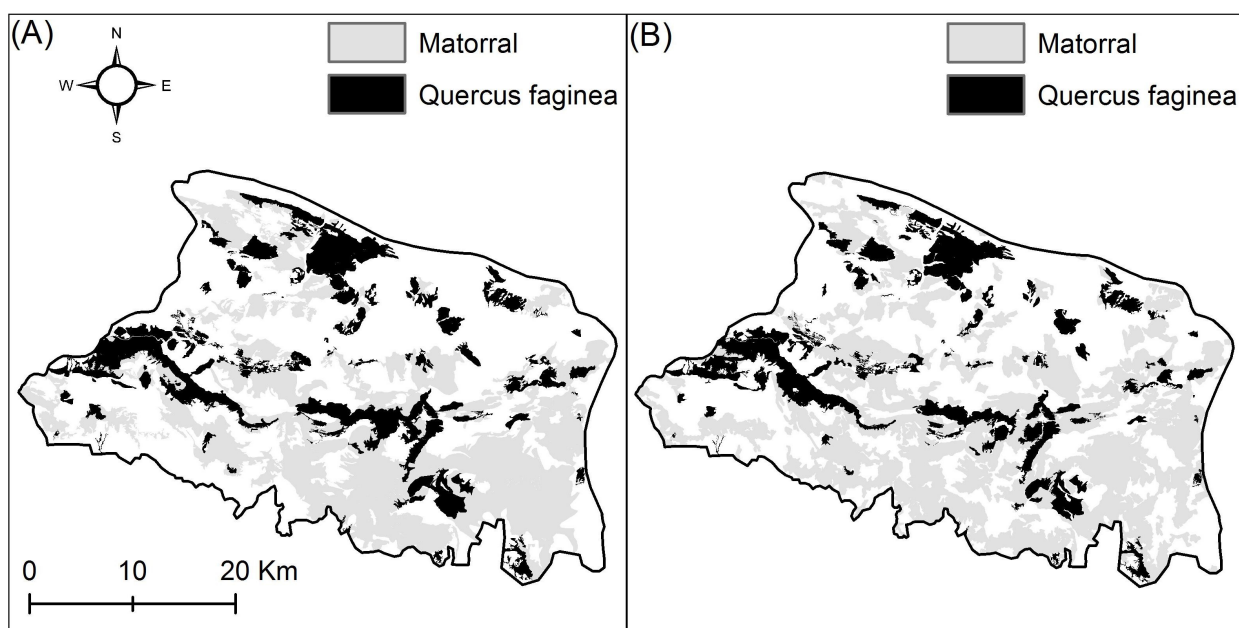


Figura 1: Mapas de distribución de masas forestales de matorral y de *Q. faginea* en el área de estudio en los años (A) 1957 y (B) 2006.  
 Figure 1: Distribution maps of *Q. faginea* stands and shrublands in the study area during (A) 1957 and (B) 2006.

grafiable (UMC) de 0,1 ha por mancha en ambos mapas. Los cambios en la superficie ocupada por *Q. faginea* se obtuvieron a partir de la superposición de los mapas de 1957 y de 2006. El siguiente paso fue cuantificar las ganancias en la superficie ocupada por *Q. faginea* en cada uno de los siete municipios de la zona de estudio, mediante la superposición del mapa de las ganancias con el mapa de los límites administrativos de los municipios. Es importante señalar que aunque el área de estudio no incluye la totalidad de los términos municipales implicados, envuelve la mayor parte de los bosques de quejigo en estos municipios.

### 2.3. Caracterización de las zonas con presencia de quejigo y definición de los indicadores socioeconómicos

Las características de las zonas con presencia de *Q. faginea* se relacionan con variables climáticas que pueden influir directa o indirectamente en *Q. faginea* y con variables antrópicas que reflejan las perturbaciones causadas por las actividades humanas (Kouba *et al.*, 2011). La variable climática es el balance hídrico (mm), que refleja las condiciones de sequía en la zona de estudio, esta variable se obtuvo del Atlas Climático de Aragón (DMA, 2007) con una resolución de 100-m, para el periodo 1971-2000. Las variables antrópicas que se incluyen son: la distancia a la repoblación de pinar más próxima y la distancia de coste a pastizales (Kouba *et al.*, 2011). Estas variables se han usado para saber si las extensivas reforestaciones con pinos durante los últimos 50 años y el pastoreo han influenciado a la distribución espacial de *Q. faginea*. La distancia

a las repoblaciones de pinares se realizó calculando la distancia euclidiana entre cada pixel y la reforestación más próxima. La distancia de coste es una combinación de la distancia entre dos puntos y la pendiente que los separa.

Los cambios en el número de habitantes (1960-2006), el número de agricultores (1970-2006) y el número de cabezas de ganado (1970-2006) se han usado como indicadores de los cambios socioeconómicos en la zona de estudio. Dichos cambios se han calculado por cada municipio de la zona de estudio usando los datos de evolución de la población humana y los censos de población obtenidos del Instituto Aragonés de Estadística (IAE) y el Instituto Nacional de Estadística (INE), respectivamente, así como los datos de ganado (ovino, bovino, y caprino) obtenidos del IAE y el Servicio Provincial de Agricultura de Huesca. Hay que señalar que para el cálculo del número total de cabezas de ganado se ha considerado que una vaca es equivalente a seis ovejas (García-González & Marinas, 2008).

### 2.4. Análisis de los datos

Para definir las características de las zonas con presencia de *Q. faginea* se ha usado el mapa de distribución de *Q. faginea* en 2006 para extraer aleatoriamente 1000 puntos, la mitad con presencia y la otra mitad con ausencia de *Q. faginea*. Para asegurar la representatividad de la muestra, cada mancha de *Q. faginea* se ha representado por cinco puntos o más. El valor de cada variable en cada punto se obtuvo usando la función “simple” del software ArcGIS 10.1 (ESRI, 2013). La base de datos resultante fue importada al software estadístico R (R

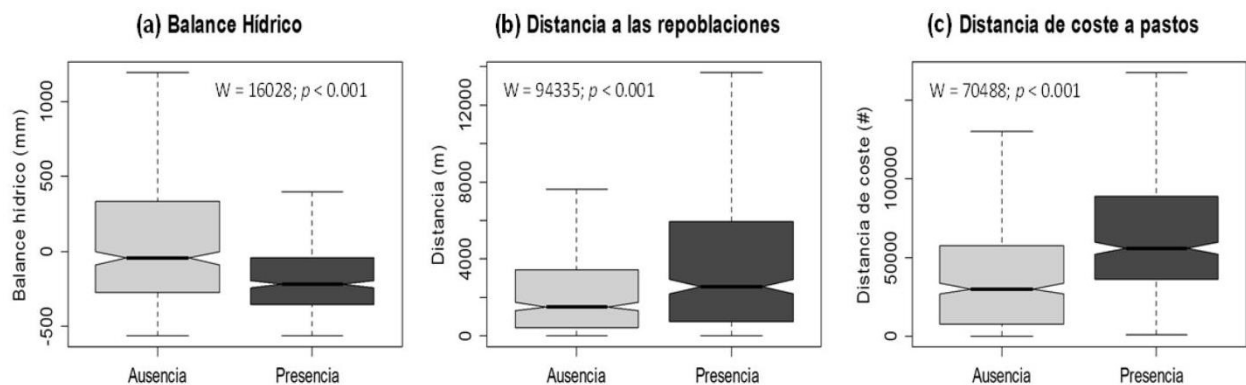


Figura 2: Comparación de las áreas con presencia y con ausencia de quejigo. El valor de la prueba de Wilcoxon ( $W$ ) y el nivel de significación estadística ( $p$ ) son mostrados por cada variable.

Figure 2: The comparison between the areas with presence and those with absence of *Q. faginea*. The value of Wilcoxon test ( $W$ ) and its significance level ( $p$ ) are shown for each variable.

Development Core, 2013). Para examinar las diferencias entre las zonas con presencia y las con ausencia de *Q. faginea* se ha usado la prueba de Wilcoxon.

Las relaciones entre el cambio en el número de habitantes, agricultores y cabezas de ganado y el cambio en la superficie ocupada por *Q. faginea* han sido examinadas mediante coeficientes de correlación de Spearman.

### 3. Resultados

La mayor parte de los bosques de *Q. faginea* del Prepirineo están situados en zonas que se caracterizan por un balance hídrico negativo e inferior a las zonas sin quejigo (Figura 2a). Las zonas con presencia de *Q. faginea* parecen ser de muy difícil acceso desde los pastos; en otras palabras, son zonas inaccesibles al ganado (Figura 2b). Una gran parte de los bosques de *Q. faginea* del Prepirineo están relativamente alejados de las repoblaciones de pinos, con un intervalo de distancia de 1 a 6 km y un promedio de 2,5 km (Figura 2c). Se ha producido un decremento de la población humana y del número de agricultores en los municipios de la zona de estudio durante el periodo (1960-2006) (Figura 3A, B). Sin embargo, el número de cabezas de ganado ha aumentado durante el periodo 1960-2006 (Figura 3C).

Existe una relación negativa entre la expansión de *Q. faginea* y los cambios en el número de habitantes (Figura 4), número de agricultores (Figura 5) y número de cabezas de ganado (Figura 6) en los municipios de la zona de estudio.

### 4. Discusión

El hecho de que *Q. faginea* se encuentre en zonas con un balance de agua negativo se debe a que, en la zona de estudio, este aumenta con la altitud, donde a su vez disminuyen ampliamente las temperaturas, impidiendo el establecimiento y crecimiento de las plántulas de *Q. faginea* (Kouba *et al.*, 2011). Así, el área de distribu-

ción del *Q. faginea* en la zona de estudio se encuentra entre las cotas 450 m a 1500 m (Kouba *et al.*, 2011).

Los resultados mostraron que los quejigares del Prepirineo están situados lejos de las plantaciones de pinos y en áreas que son inaccesibles al ganado. Ello implica que los bosques nativos pueden ser influenciados negativamente por las plantaciones de crecimiento rápido (Teixido *et al.*, 2010). Estudios previos han argumentado que en el Prepirineo, los quejigares fueron primero desforestados para aumentar las áreas de cultivo y pastos (Lasanta, 1989; Sancho *et al.*, 1998), y éstas fueron posteriormente reforestadas con plantaciones de pinos (Amo *et al.*, 2007; Kouba *et al.*, 2011). Igualmente, la antigua presión de pastoreo afectó negativamente a la distribución de *Q. faginea*, siendo la presencia de éstos menos frecuente cerca de los pastos.

Otros autores han apuntado la dificultad de regeneración de las poblaciones de árboles ante la presión del pastoreo, al eliminar las plántulas el ganado (Barbero *et al.*, 1990). Cuando la presión del pastoreo es elevada, el consumo de las bellotas dificulta el establecimiento de las plántulas (Plieninger, 2006) impidiendo la regeneración del *Q. faginea*.

En la zona de estudio los bosques de *Q. faginea* han ganado mayor superficie en los municipios con un gran despoblamiento humano y, sobre todo, con una disminución notable en el número de agricultores, lo que indica un abandono de los campos agrícolas. Como es el caso en todo el Pirineo, estos pueblos han tenido una elevada migración de la gente hacia las ciudades grandes como Zaragoza en búsqueda de trabajo y mejores condiciones de vida (García-Ruiz & Lasanta, 1990). Este despoblamiento de las zonas rurales ha reducido notablemente la presión antrópica en el territorio incluyendo el abandono de las tierras agrícolas, lo que ha permitido la revegetación de los campos abandonados. Particularmente, Kouba *et al.* (2012) han argumentado que la expansión de *Q. faginea* fue el resultado de una colonización de las terrazas abandonadas por esta especie esencialmente a finales de los años 1960s y principios de los años 1970s. Los mismos autores han señalado que esa colo-

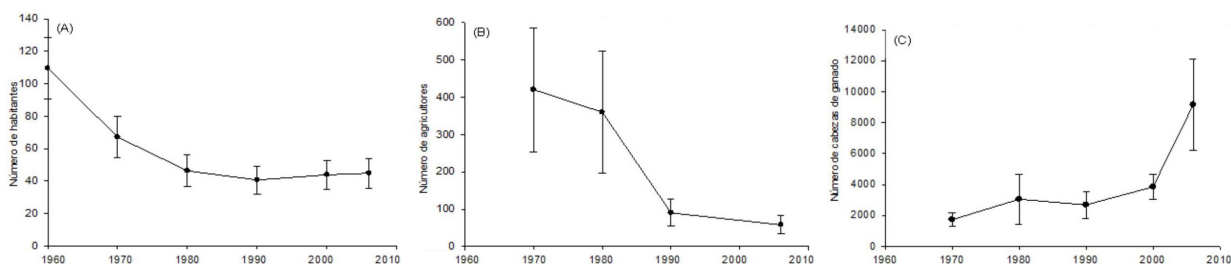


Figura 3: Cambios en el número de (A) habitantes, (B) agricultores, y (C) cabezas de ganado en los municipios de la zona de estudio (media  $\pm$  error estándar) entre 1960 y 2006.

Figure 3: Changes in the number of (A) inhabitants, (B) farmers, and (C) livestock in the municipalities of the study area (mean  $\pm$  standard error) between 1960 and 2006.

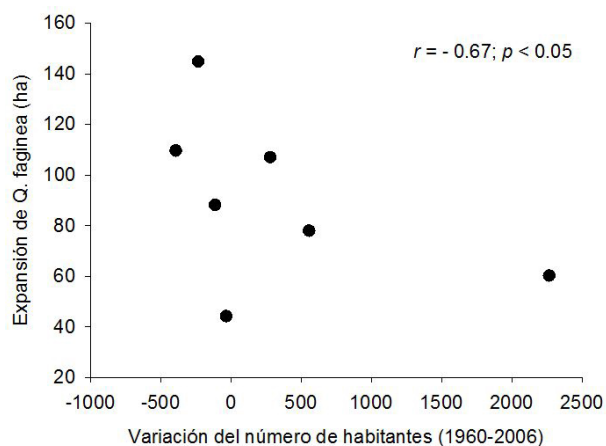


Figura 4: Relación entre la nueva superficie ocupada por *Q. faginea* y el cambio en el número de habitantes entre 1970 y 2006 en los municipios de la zona de estudio. El valor del coeficiente de correlación de Spearman ( $r$ ) y el nivel de significación estadística ( $p$ ) son mostrados.

Figure 4: Relationship between the new areas occupied by *Q. faginea* and changes in the number of inhabitants during the period 1970-2006 in the municipalities of the study area. The value of Spearman correlation coefficient ( $r$ ) and its significance level ( $p$ ) are shown.

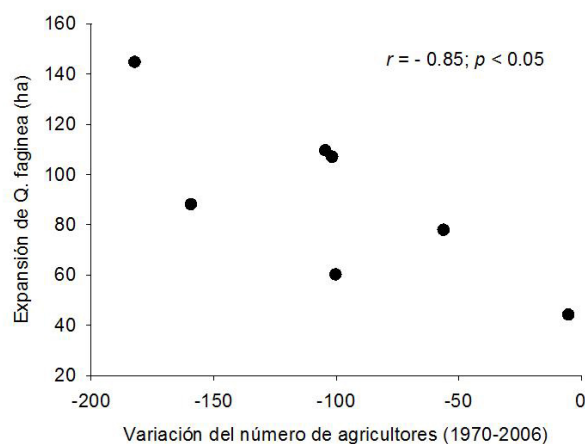


Figura 5: Relación entre la expansión de *Q. faginea* y la variación en el número de agricultores entre 1970 y 2006 en los municipios de la zona de estudio. El valor del coeficiente de correlación de Spearman ( $r$ ) y el nivel de significación estadística ( $p$ ) son mostrados.

Figure 5: Relationship between the expansion of *Q. faginea* and changes in the number of farmers during the period 1970-2006 in the municipalities of the study area. The value of Spearman correlation coefficient ( $r$ ) and its significance level ( $p$ ) are shown.

nización coincide con unas condiciones climáticas muy adecuadas.

La relación negativa entre la expansión de *Q. faginea* y el número de cabezas de ganado significa que esta especie se ha expandido principalmente en los municipios que han conocido una disminución de la presión pastoral. El incremento en el número de cabezas de ganado que se inició en los años 1970s no ha sido acompañado por un aumento de la presión pastoral debido a los cambios en los métodos de manejo del ganado, con un aumento en el número de animales que se crían en establos y granjas y diferentes fuentes de alimentación del ganado (García-Ruiz *et al.*, 1996; Lasanta *et al.*, 2010; Kouba *et al.*, 2012). Muchos autores han argumentado que, desde los años 1970s, el número de cabezas de ganado que pasta libremente en los pastos y las montañas de la zona de estudio

durante el verano ha bajado notablemente (Molinillo *et al.*, 1997; Lasanta *et al.*, 2006).

## 5. Conclusiones

Estudios previos han encontrado una disminución en la superficie total ocupada por los bosques de *Q. faginea* en el Prepirineo durante la segunda mitad del siglo veinte (Kouba & Alados, 2012). Sin embargo, este estudio ha mostrado que *Q. faginea* ha colonizado algunas áreas en los municipios con un gran despoblamiento y una reducción marcada de la presión pastoral, la cual es debida a los cambios en los métodos de crianza y alimentación del ganado. El éxodo rural ha producido un abandono de tierras agrícolas y la disminución de la presión pastoral, que han favorecido la expansión de *Q.*

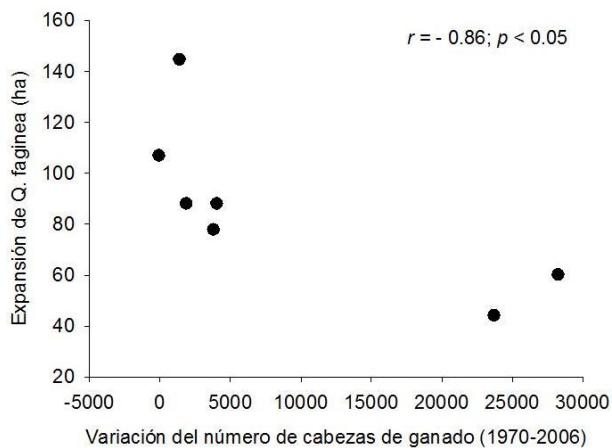


Figura 6: Relación entre la expansión de *Q. faginea* y el cambio en el número de cabezas de ganado entre 1970 y 2006 en los municipios de la zona de estudio. El valor del coeficiente de correlación de Spearman ( $r$ ) y el nivel de significación estadística ( $p$ ) son mostrados.

Figure 6: Relationship between the expansion of *Q. faginea* during the period 1970-2006 and changes in the number of farmers over the municipalities of the study area. The value of Spearman correlation coefficient ( $r$ ) and its significance level ( $p$ ) are shown.

*faginea* en algunas zonas del Prepirineo Aragonés, principalmente en las terrazas abandonadas (Kouba *et al.*, 2012) durante la segunda mitad del siglo veinte.

Se postula que, con la tendencia observada de descenso de la presión humana en el territorio, *Q. faginea* colonizará nuevas zonas durante las próximas décadas, principalmente los campos abandonados. Pero, ¿pueden estos bosques que se están instalando en las tierras abandonadas jugar un papel tan importante como los bosques primarios en conservar la biodiversidad? La respuesta a esta pregunta puede ser el tema de una futura investigación.

## Agradecimientos

Este trabajo ha contado con la financiación del proyecto CGL2011-27259, financiado por la CICYT y FEDER.

## Referencias

- Amo, L., López, P., Martín, J., 2007. Natural oak forest vs. ancient pine plantations: lizard microhabitat use may explain the effects of ancient reforestations on distribution and conservation of Iberian lizards. *Biodiversity and Conservation*, 16: 3409-3422. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-006-9003-3>
- Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R. & Querzel, P., 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the mediterranean basin. *Vegetatio*, 87: 151-173. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00042952>
- DMA, 2007. *Atlas Climático de Aragón*. Departamento de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón, Zaragoza.

- ESRI, 2013. *ArcMap 10.1*. Environmental Systems Research Institute Inc.
- García-González, R. & Marinas, A., 2008. Bases ecológicas para la ordenación de superficies pastorales. In: Fillat, R., García-González, D., Gómez, R. Reiné (Eds.), *Pastos del Pirineo*, Dpto. de Publicaciones del CSIC, Madrid, pp. 229-253.
- García-Ruiz, J.M. & Lasanta, T., 1990. Land use changes in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 10: 201-214. <http://dx.doi.org/10.2307/3673606>
- García-Ruiz, J.M., Lasanta, T., Ruiz Flaño, P., Ortigosa, L., White, S., González, C. & Martí, C., 1996. Land-use changes and sustainable development in mountain areas: a case study in the Spanish Pyrenees. *Landscape Ecology*, 11: 267-277. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02059854>
- Himrane, H.; Camarero, J. & Gil-Pelegrín, E., 2004. Morphological and ecophysiological variation of the hybrid oak *Quercus subpyrenaica* (*Q. faginea* × *Q. pubescens*). *Trees*, 18: 566-575. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-004-0340-0>
- Houérou, H.N., 1981. Impact of man and his animals on Mediterranean vegetation. In: di Castri F.D., Goodall W. and Specht R.L. (eds) *Mediterranean-type shrublands*. Elsevier, Amsterdam, pp. 479-522.
- PNOA, 2006. *Plan Nacional de Ortofotografía Aérea* <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesFotoTelePNOA.do>
- Kouba, Y. & Alados, C.L., 2012. Spatio-temporal dynamics of *Quercus faginea* forests in the Spanish Central Pre-Pyrenees. *European Journal of Forest Research*, 131: 369-379. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-011-0509-1>
- Kouba, Y., Camarero, J.J. & Alados, C.L., 2012. Roles of land-use and climate change on the establishment and regeneration dynamics of Mediterranean semi-deciduous oak forests. *Forest Ecology and Management*, 274: 143-150. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.02.033>
- Kouba, Y., Alados, C.L. & Bueno, C.G., 2011. Effects of abiotic and anthropogenic factors on the spatial distribution of *Quercus faginea* in the Spanish Central Pyrenees. *Plant Ecology*, 212: 999-1007. <http://dx.doi.org/10.1007/s11258-010-9880-0>
- Lasanta, T., 1989. *Evolución reciente de la agricultura de montaña*. Geoforma Edición, Logroño.
- Lasanta, T., Vicente-Serrano, S.M. & Cuadrat, J.M., 2000. Marginación productiva y recuperación de la cubierta vegetal en el Pirineo: un caso de estudio en el Valle de Borau. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 29: 5-28.
- Lasanta, T., Beguería, S. & García-Ruiz, J.M., 2006. Geomorphic and hydrological effects of traditional shifting agriculture in a Mediterranean mountain area, Central Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 26: 146-152. [http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741\(2006\)26\[146:GAHEOT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741(2006)26[146:GAHEOT]2.0.CO;2)
- Lasanta, T. & Vicente-Serrano, S.M., 2006. Factores en la variabilidad espacial de los cambios de cubierta vegetal en el Pirineo. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 32: 57-80.
- Lasanta, T. & Vicente-Serrano, S.M., 2007. Cambios en la cubierta vegetal en el Pirineo aragonés en los últimos 50 años. *Pirineos*, 162: 125-154.
- Lasanta, T., Nadal-Romero, E., Serrano, M.P., Vicente Serrano, S.M. & García-Ruiz, J.M., 2010. Escorrentía y erosión tras el abandono de tierras de cultivo en montaña: resultados de la Estación Experimental "Valle de Aisa". *Pirineos*, 165: 115-133. <http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2010.165006>
- Loidi, J. & Herrera, M., 1990. The *Quercus pubescens* and *Quercus faginea* forests in the Basque Country (Spain): distribution and typology in relation to climatic factors. *Vegetatio*, 90: 81-92. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00045591>
- Maltez-Mouro, S., García, L. & Freitas, H., 2009. Influence of forest structure and environmental variables on recruit survival and performance of two Mediterranean tree species (*Quercus faginea* L. and *Quercus suber* Lam.). *European Journal of Forest Research*, 128:27-36. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-008-0236-4>
- MacDonald, D., Crabtree, J.R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P., Gutiérrez-Lazpita, J. & Gibon, A., 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental*

- Management*, 59: 47-69. <http://dx.doi.org/10.1006/jema.1999.0335>
- Margaris, N.S., Koutsidou, E. & Gioura, C.H., 1996. Changes in traditional Mediterranean land-use systems. En: Brandt, J. & Thomas, J.B. (Eds.), *Mediterranean desertification and land use*. Wiley and Sons: 29-42, Chichester.
- MMA, 2007. *Tercer inventario forestal nacional (IFN3) 1:50.000*. Madrid, España.
- Molinillo, M., Lasanta, T. & García-Ruiz, J., 1997. Managing mountainous degraded landscapes after farmland abandonment in the Central Spanish Pyrenees. *Environmental Management*, 21: 587-98. <http://dx.doi.org/10.1007/s002679900051>
- Monserrat, G., 1990. *Estudio de la colonización vegetal de los campos abandonados del valle de Aísa (Jaca, Huesca)*. Informe del Proyecto LUCDEME: Erosión y colonización vegetal en campos abandonados; 77 pp., Jaca.
- Plieninger, T., 2006. Habitat loss, fragmentation, and alteration: Quantifying the impact of land-use changes on a Spanish dehesa landscape by use of aerial photography and GIS. *Landscape Ecology*, 21: 91-105. <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-005-8294-1>
- Quezel, P., & Barbero, M., 1990. Les forêts méditerranéennes problèmes poses par leur signification historique, écologique et leur conservation. *Acta Botánica Malacitana*, 15: 145-178.
- Rey Benayas, J.M., Navarro, J., Espigares, T., Nicolau, J.M. & Zavala, M.A., 2005. Effects of artificial shading and weed mowing in reforestation of Mediterranean abandoned cropland with contrasting Quercus species. *Forest Ecology and Management*, 212:302-314. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.032>
- R Development Core Team, 2013. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org>
- Sancho, J.M.P., Fernández, P.M.D., Alberto, S.M. & Sánchez, L.G., 1998. *Regiones de procedencia de Quercus pyrenaica Willd. Quercus faginea Lam, Quercus canariensis Willd.*, OAPN, Madrid.
- Teixido, A.L., Quintanilla, L.G., Carreño, F. & Gutiérrez, D., 2010. Impacts of changes in land use and fragmentation patterns on Atlantic coastal forests in northern Spain. *Journal of Environmental Management*, 91:879-886. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.11.004>
- Vicente-Serrano, S., Lasanta, T. & Cuadrat, J.M., 2000. Transformaciones en el paisaje pirenaico como consecuencia del abandono de las actividades económicas tradicionales. *Pirineos*, 155:111-133. <http://dx.doi.org/10.3989/pirineos.2000.v155.91>