

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LOS BOSQUES DE MONTAÑA (I): EXPANSIÓN DEL BOSQUE

**LLUÍS COLL^{1,2}, ALBA MÁRQUEZ¹, ÁNGELA BLÁZQUEZ¹, MAGDA PLA¹,
MARÍA BEGOÑA GARCÍA³, MARÍA PAZ ERREA³, FERNANDO MONTES⁴,
JESÚS JULIO CAMARERO³, AITOR AMEZTEGUI^{1,2}**

RESUMEN

En las últimas décadas, los bosques de montaña europeos han sufrido las consecuencias del abandono de las actividades agrosilvopastorales tradicionales bajo la forma de una importante expansión y densificación del monte. En este trabajo, se ha evaluado la importancia de ambos procesos y las derivaciones a nivel de la configuración del paisaje dentro de los límites de los 3 Parques Nacionales de alta montaña del norte de España: «Picos de Europa», «Ordesa y Monte Perdido» y «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici». Para ello se realizó una reclasificación binaria (bosque / no bosque) semiautomática de fotografías aéreas históricas (tomadas en 1956 por el llamado «vuelo americano») y actuales (de 2016) y se calculó la fracción de cabida cubierta (FCC) en celdas de 0,25 ha. Los procesos de colonización y densificación se determinaron mediante el análisis de cambios en la FCC durante el período de estudio (1956-2016). Los resultados del trabajo muestran importantes procesos de expansión y densificación del bosque en los tres Parques Nacionales, si bien el P.N. de «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» mostró una mayor inercia al cambio. En los P.P.N.N. de «Ordesa y Monte Perdido» y «Picos de Europa», los procesos de colonización y densificación se dieron de manera similar tanto en el interior de los límites establecidos cuando se crearon los Parques como en las zonas que se incluyeron posteriormente, durante los respectivos procesos de ampliación. En cambio, en el P.N. de «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» se observaron niveles mayores de colonización y densificación forestal en las zonas que se incluyeron en el Parque durante la fase de ampliación de 1996. Los procesos de expansión del bosque han conllevado, una homogeneización del paisaje, con menor proporción de espacios abiertos y zonas de transición (bordes). Las consecuencias de estos procesos sobre la biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas forestales son variables y requieren de mayores esfuerzos de investigación y monitoreo a largo plazo.

Palabras clave: colonización, densificación, fracción de cabida cubierta, paisaje, homogeneización.

¹ Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC), Ctra Sant Llorenç km 2, 25280, Solsona, Lleida.

² Depto. de Ingeniería Agroforestal, Universitat de Lleida, Av Rovira Roure 198, 25198, Lleida.

³ Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Avda. Montañana 1005, Zaragoza.

⁴ INIA-CIFOR, Ctra. de la Coruña km 7,5, 28040 Madrid.

PAST, PRESENT AND FUTURE OF MOUNTAIN FORESTS (I): FOREST EXPANSION

ABSTRACT

During the last decades, European mountain forests have suffered the consequences of the abandonment of traditional agro-silvo-pastoral activities under the form of important forest expansion and densification processes. In this work, we evaluated the importance of both processes and the consequences for the configuration of the landscape in the 3 National Parks established in mountainous areas of northern Spain: «Picos de Europa», «Ordesa y Monte Perdido» y «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici». For that, we first semi-automatically reclassified aerial photographs from 1956 and 2016 into a binary raster with '*forest*' and '*non-forest*' values. We calculated changes in forest cover as the ratio between the number of '*forest*' pixels and the total number of pixels in 0,25 ha cells. We finally calculated forest encroachment and densification processes based on the change in forest cover observed in the cells during the studied period (1956-2016). The results of our work showed the occurrence of important forest encroachment and densification in the three Parks, but those processes were less important in «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici». The National Parks of «Ordesa y Monte Perdido» and «Picos de Europa» showed comparable levels of forest encroachment and densification in the areas historically protected in 1918 (when the Parks were created) and in the areas that were protected later (in the 1980s and 1990s, respectively). In contrast, «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» showed substantially higher forest expansion and densification processes in the lands that were protected more recently (in 1996) compared to the ones initially protected in the 1950s when the Park was created. The processes of forest expansion and densification have derived in a homogenization of the landscape, with a lower presence of open and transition areas (edges). Additional research and long-term monitoring efforts are needed to advance in the understanding of consequences of these changes for the biodiversity and functioning of these systems.

Keywords: encroachment, densification, forest cover, landscape, homogenization.

INTRODUCCIÓN

En la mayor parte de países industrializados del hemisferio norte se observa estas últimas décadas un aumento de la superficie forestal que se explica, fundamentalmente, por la colonización de espacios abiertos por parte de especies leñosas (COOP & GIVNISH 2007; GELLRICH *et al.*, 2007a). Este proceso de expansión activa viene acompañado, en paralelo, por un aumento de la cobertura de los bosques ya existentes (POYATOS *et al.*, 2003; GERHIG-FASEL *et al.*, 2007) provocando modificaciones importantes a nivel de la estructura y composición de las masas forestales y del paisaje en general.

En España, los procesos de colonización y densificación del bosque se iniciaron, en su mayor parte, a partir de la segunda mitad del s. XX en respuesta a los importantes procesos migratorios que se dieron tras la guerra civil, con el progresivo desplazamiento de población desde zonas rurales hacia las ciudades y el consiguiente abandono de usos tradicionales del monte (GARCIA-RUIZ *et al.*, 1996). Dichos procesos fueron particularmente importantes en las áreas de alta montaña, y se asociaron al abandono de los cultivos y pastos menos productivos y a la reducción de la presión sobre los bosques ya existentes (AMEZTEGUI *et al.*, 2016). A nivel local, la expansión del bosque en las últimas décadas no se ha dado de forma homogénea en el tiempo ni en el espacio y se ha visto condicionada por factores de índole topográfico, ecológico y/o socioeconómico (DEBUSSCHE *et al.*, 1999). Por ejemplo, AMEZTEGUI *et al.* (2010) mostraron en un estudio conducido en el área de distribución del pino negro (*Pinus uncinata* Ram.) del Pirineo catalán, que la expansión del bosque durante los últimos 50 años se concentró en las cotas bajas, orientaciones norte y en los municipios que han sufrido mayores pérdidas de población.

El estudio de los patrones espacio-temporales de los procesos de colonización y densificación del bosque a escalas espaciales amplias puede abordarse mediante comparación de fotografías aéreas o por análisis de series temporales de imágenes de satélite (MILLINGTON *et al.*, 2007). Así, las fotos procedentes del denominado «vuelo americano» del 1956 constituyen una fuente de datos de gran interés para el análisis de los factores subyacentes a los patrones de expansión

del bosque y de sus consecuencias para la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas forestales (ver por ejemplo GARCÍA *et al.*, 2019).

Si bien en la actualidad existe amplia información a nivel peninsular acerca del estudio de los efectos de los cambios en el uso del suelo en la dinámica forestal (LASANTA & VICENTE-SERRANO 2007), existe mucho menor conocimiento acerca del alcance y relevancia de estos procesos en áreas expuestas a mucha menor presión antrópica en el transcurso de las últimas décadas, como los Parques Nacionales. En estas áreas, de gran valor cultural y natural, los cambios en el paisaje derivados del aumento de la superficie forestal pueden afectar significativamente la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas e incluso los propios valores naturales que conllevaron a la declaración del Parque.

Este trabajo pretende avanzar en el conocimiento de los patrones de expansión del bosque durante las últimas 6 décadas en los tres Parques Nacionales de alta montaña del norte de España: «Picos de Europa», «Ordesa y Monte Perdido» y «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici». Más concretamente, los principales objetivos de este estudio son: (i) cuantificar los cambios de cobertura arbórea acaecidos durante las últimas décadas en los mencionados Parques Nacionales (poniendo particular énfasis en los procesos de colonización y densificación del bosque), (ii) determinar y comparar los patrones espaciales de estos cambios en los distintos Parques objeto de estudio y (iii) analizar las consecuencias de estos cambios a nivel de distintas métricas del paisaje. Se trabaja con la hipótesis de que los procesos de expansión del bosque no se han dado de forma homogénea en los distintos parques y que éstos responden a los condicionantes de uso antrópico propios de cada parque.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio incluye los tres Parques Nacionales de montaña establecidos a lo largo de la cordillera Pirenaico-Cantábrica, que fueron también los primeros en declararse a nivel peninsular: P.N. de «Picos de

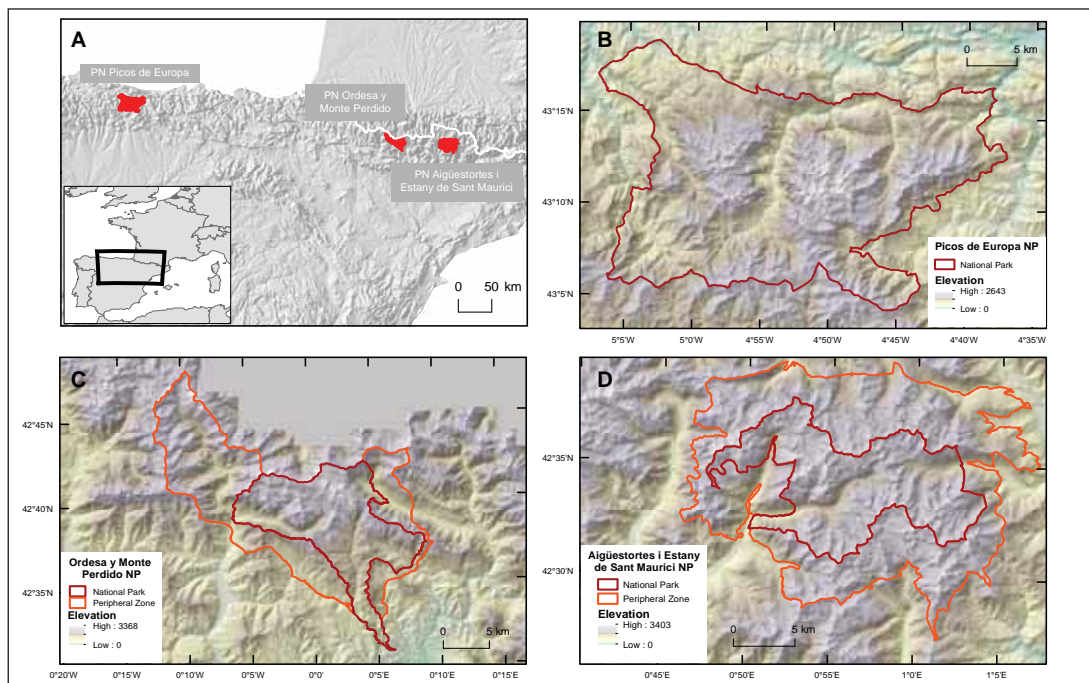


Figura 1. Localización de los 3 Parques Nacionales objeto de estudio.

Figure 1. Location of the three studied National Parks in northern Spain

Europa», P.N. de «Ordesa y Monte Perdido» y «P.N. de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» (Figura 1). El P.N. de «Picos de Europa» se creó en 1918 y fue ampliado posteriormente en 1995. Cubre un total de 67 455 ha en el corazón del macizo Cantábrico e incluye un amplio gradiente altitudinal (desde 75 a 2648 m). La vegetación del Parque, muy condicionada por la cercanía del mar Cantábrico (alrededor de 30 km), contiene bosques mixtos caducifolios de roble albar (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), castaño (*Castanea sativa* Mill.) y abellano (*Corylus avellana* L.). Los hayedos (*Fagus sylvatica* L.) dominan las áreas forestales a partir de los 1000 m de altitud.

El P.N. de «Ordesa y Monte Perdido» se creó también en 1918 y se amplió en 1982 hasta las actuales 15 608 ha (cuenta también con 19 679 de área periférica). El Parque comprende un gradiente latitudinal notable (entre 700 y 3335 m) y una orografía compleja que ejerce una fuerte influencia sobre la vegetación, con bosques de haya, abeto (*Abies alba* (Mill.)) y pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) en el piso montano y de

pino negro (*Pinus uncinata* Ram. Ex DC.) en el ámbito subalpino (a partir de 2000 m),

Finalmente, el P.N. de «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» se creó en 1955 y comprende un total de 14 119 ha (más 26 733 ha de área periférica) que se distribuyen entre altitudes comprendidas entre 1300 y 3029 m. La vegetación arbórea se encuentra dominada por bosques de abeto y pino negro, con pinares de pino silvestre ocupando los fondos de valle más bajos. A partir de 2300 m predominan los pastos alpinos.

Recopilación de imágenes y generación de mosaicos

Se recopilieron fotografías aéreas del vuelo histórico de 1956 (*vuelo americano*) para los P.P.N.N. de «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici», «Ordesa y Monte Perdido» y «Picos de Europa». En el caso del P.N. de «Picos de Europa», se seleccionaron los escáneres de las fotografías de 1956 para la zona del P.N.

a escala 1/25 000 y se procedió a georreferenciar y ortorectificar las imágenes. Una vez realizados ambos procesos, las imágenes se mosaicaron y se proyectaron para la superficie del Parque Nacional. En el caso del P.N. de «Ordesa y Monte Perdido», se obtuvieron las imágenes ya georreferenciadas y ortorectificadas del P.N. gracias a la colaboración del Instituto Pirenaico de Ecología del CSIC y se realizaron mosaicos de imágenes consecutivas que se proyectaron sobre la totalidad de la superficie del parque (Figura 2). Finalmente, para el PN Aigüestortes i Estany de Sant Maurici ya se disponía de la cobertura arbórea para los años 1956 y 2009, como producto de un Proyecto de Investigación previo (TREBIO, 200/2010). Por tanto, se pudo pasar directamente a la fase de cálculo de los procesos de colonización y expansión, de la forma indicada en los subapartados siguientes. Las ortofotografías actuales (año 2016) de cada uno de los PPNN se descargaron del geoportal del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) del Instituto Geográfico Nacional, generándose con ellas un mosaico para cada Parque Nacional estudiado.

Determinación de la superficie boscosa y reclasificación de las imágenes

Los mosaicos de 1956 y 2016 de cada P.N. se reclasificaron semiautomáticamente creando un ráster

binario, con una resolución de 1 m, en el que cada píxel podía tomar el valor «bosque» (1) o «no bosque» (0). A continuación, se creó una malla con celdas hexagonales de 0,25 ha que se extendió a nivel de cada mosaico y se determinó, para cada celda, la fracción de cabida cubierta (FCC) en las imágenes de 1956 y 2016 como el ratio (en porcentaje) entre el número de píxeles clasificados como «bosque» y el número total de píxeles de cada celda. Con esta información, y para cada fecha, cada celda se reclasificó en 4 categorías: «no bosque» (FCC < 10%), «bosque ralo» (FCC entre 10 y 20%), «bosque abierto» (FCC entre 20 y 40%) y «bosque denso» (FCC > 40%). Finalmente se construyó una matriz de transición para determinar los cambios de categoría acaecidos entre el período de estudio.

Cálculo de los procesos de colonización y densificación

La colonización de espacios abiertos por parte de vegetación leñosa se consideró únicamente viable en celdas desprovistas de cobertura forestal («no bosque») localizadas a una distancia inferior de 200 metros de ancho alrededor de una zona boscosa (ya que la dispersión de semillas no suele superar esta distancia, DULLINGER *et al.*, 2004). Con las celdas seleccionadas, se evaluó la coloni-

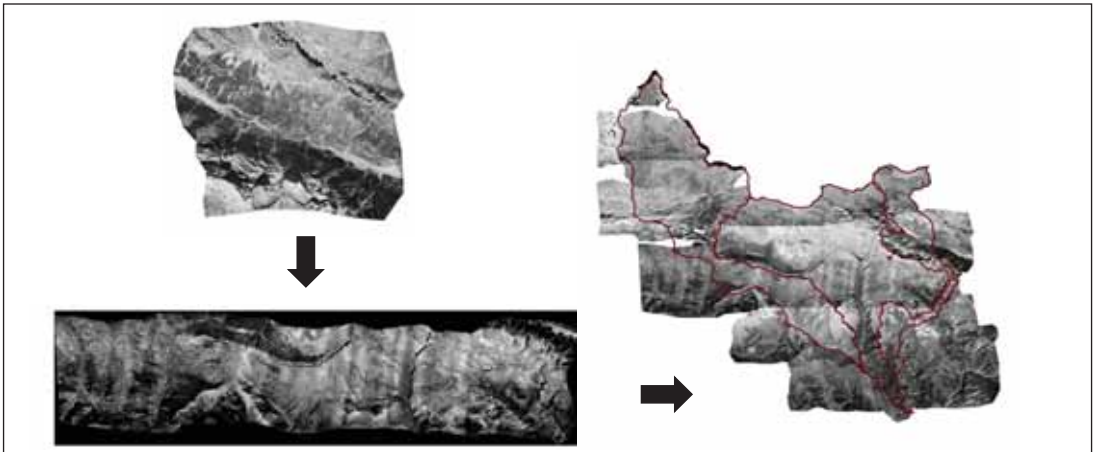


Figura 2. Proceso de obtención del mosaico de fotografías aéreas históricas del 1956 para toda la zona del P.N. de «Ordesa y Monte perdido»

Figure 2. Schematic representation of the tasks conducted to obtain historic aerial photo mosaics (from 1956) covering the full extension of the «Ordesa y Monte Perdido» National Park

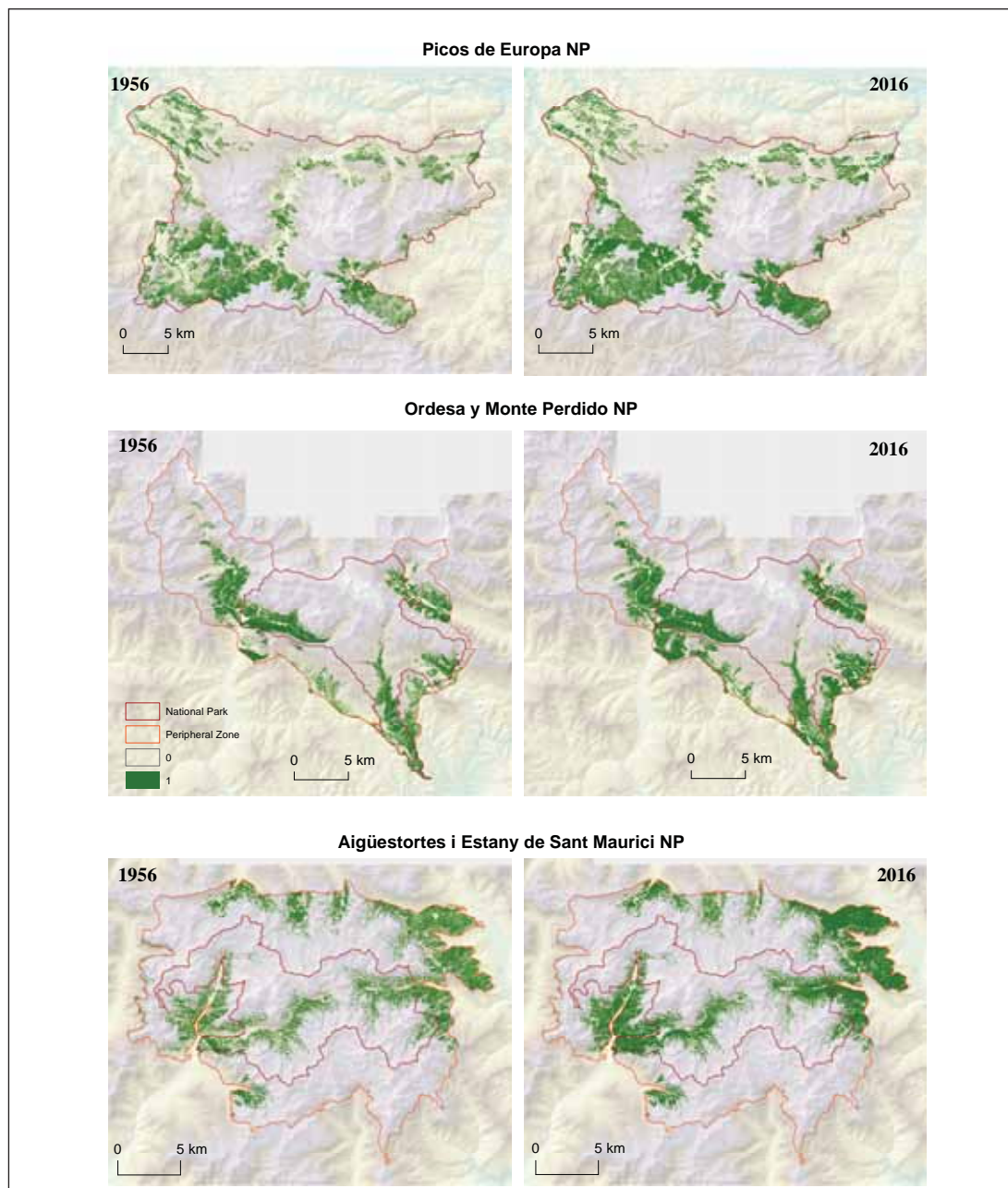


Figura 3. Reclasificación de las imágenes aéreas de 1956 y 2016 en «bosque» (verde) y «no bosque» (sin color) para la totalidad de la superficie de los P.P.N.N. de «Picos de Europa», «Ordesa y Monte Perdido» y «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici»

Figure 3. Aerial photo mosaics from 1956 (left) and 2016 (right) reclassified into a binary variable («forest» in green, «no forest» transparent) to the analysis of changes in forest surface in the three studied National Parks: «Picos de Europa», «Ordesa y Monte Perdido» and «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici»

zación de forma binaria: una celda se consideró como colonizada si había sido clasificada como «no bosque» en 1956 y su FCC se había incrementado de al menos un 10% en 2016. Se procedió de manera similar para la caracterización de los procesos de densificación. Dado que se pretendía en este trabajo identificar las áreas en las que había habido incorporación de nuevos pies, sólo se consideraron como susceptibles de densificarse aquellas celdas clasificadas como «bosque ralo» o «bosque abierto» en 1956 y que presentaran en 2016 un incremento de la FCC de al menos un 30%. Las áreas con una FCC mayor del 40% en 1956 («bosque denso») se excluyeron del análisis al considerarse que eran demasiado densas como para permitir el reclutamiento de nuevos individuos.

Determinación de métricas de paisaje

A nivel de cada Parque Nacional y para cada fecha de estudio (1956 y 2016) se determinaron métricas de paisaje con la ayuda del programa FRAGSTATS (MCGARIGAL *et al.*, 2012). Para ello se utilizaron los rásters generados anteriormente en los que se clasificaron las distintas celdas en «bosque» o «no bosque» (ver apartado 2.2). Las variables calcula-

das fueron las siguientes: *NP* (Number of Patches - número de fragmentos), *MPS* (Mean Patch Size - tamaño promedio del fragmento, ha), *ED* (Edge Density, índice de densidad de borde, km/ha), *MPE* (Mean Patch Edge, tamaño promedio de borde de los fragmentos, km) y *SDI* (Shannon Diversity Index, índice de diversidad de Shannon).

RESULTADOS

Superficie boscosa

En el transcurso de los últimos 60 años (1956-2016), los tres Parques Nacionales mostraron incrementos similares de superficie forestal (FCC > 10%). En el P.N. de «Picos de Europa», el área forestal se incrementó sobre el 10% tanto en los límites del Parque establecidos en 1918 como en la zona ampliada en 1995 (Tabla 1). De modo similar, el P.N. de «Ordesa y Monte Perdido» mostró un incremento de la superficie forestal de alrededor del 7% tanto a nivel de los límites iniciales del P.N. (establecidos en 1918) como de la superficie ampliada en 1982. En cambio, la zona periférica de «Ordesa y Monte Perdido» mostró un incremento de la superficie forestal notablemente superior, del 14% (700 ha). Finalmente,

	Bosque total (ha)			Bosque denso (ha)		
	1956	2016	%Cambio	1956	2016	%Cambio
Picos de Europa						
Parque inicial (1918)	3254,4	3614,9	+11,1%	1953,6	2473,4	+26,6%
Parque ampliado (1995)	15 242,6	16 782,0	+10,1%	10 485,5	14 144,8	+34,9%
Ordesa y Monte Perdido						
Parque inicial (1918)	1355,2	1458,7	+7,6%	1124,2	1295,0	+15,2%
Parque ampliado (1982)	2534,5	2718,8	+7,3%	1824,3	2177,5	+19,3%
Zona periférica (1982)	4863,0	5581,3	+14,7%	3128,2	4207,9	+34,5%
Aigüestortes i Estany de Sant Maurici						
Parque inicial (1955)	2925,7	3066,0	+4,8%	1497,7	1830,2	+22,2%
Parque ampliado (1996)	698,8	799,4	+14,4%	369,3	603,4	+63,4%
Zona periférica (1996)	7719,3	8067,2	+4,5%	5069,1	6034,9	+19,0%

Tabla 1. Superficie total (ha) de bosque (FCC > 10%) y de bosque denso (FCC > 40%) de los tres Parques Nacionales objeto de estudio y en la zona periférica en los años 1956 y 2016. Se muestran por separado los valores de las variables y el valor porcentual de cambio según la fecha de declaración de las distintas zonas como Parque Nacional.

Table 1. Total forest surface (cover > 10%) and surface of dense forest (cover > 40%) of the three studied National Parks and their peripheral protection zone in years 1956 and 2016. Within each Park, surface data and the percentage of change between both years are shown for the lands protected when the National Park was created and for the areas protected later after an enlargement process of the Park.

el P.N. de «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» mostró un aumento de la superficie forestal bajo (inferior al 5%) tanto a nivel de los límites originales del Parque (1956) como a nivel de la zona periférica (Tabla 1). En los límites de la superficie declarada Parque Nacional en 1996, la superficie forestal aumento notablemente (14%).

El incremento de la superficie forestal densa (FCC > 40%), durante el mismo período de estudio (1956-2016), fue mucho mayor: 33,6% en «Picos de Europa», 26,4% en «Ordesa y Monte Perdido» y 22,1% en «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» (Tabla 1, Figura 2). La densificación del bosque tuvo lugar, de forma más notable, dentro de la superficie declarada P.N. durante los respectivos procesos de ampliación de los Parques.

Matrices de transición y procesos de colonización y densificación del bosque.

Los patrones de cambio entre las tipologías de bosque previamente definidas (bosque ralo, abierto y denso) durante el período objeto de estudio fueron similares, si bien el P.N. de «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» mostró dinámicas más estables. En «Picos de Europa» y «Ordesa y Monte Perdido» más del 80% de la superficie clasificada como «bosque ralo» en 1956 cambió a «bosque abierto» (27 y 26%, respectivamente) o a «bosque denso» (57 y 53%). Entre los bosques clasificados como «bosque abierto» en 1956, alrededor del 75% se densificaron en el «Picos de Europa» (el 66% en «Ordesa y Mon-

«Pasado, presente y futuro de los bosques de montaña (I)»

te Perdido»). Los bosques del P.N. de «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» mostraron una mayor inercia, manteniéndose sin cambio aparente de FCC el 40% de la superficie clasificada como «bosque ralo o abierto» en 1956.

Los procesos de colonización de espacios abiertos por especies leñosas fueron particularmente importantes en «Ordesa y Monte Perdido», ocurriendo en casi el 25% de las celdas al alcance de los procesos de dispersión desde bosques adyacentes (Tabla 2). El P.N. de «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici», en cambio, fue el que sufrió menores procesos de colonización y densificación forestal, mientras el P.N. de «Picos de Europa» mostró niveles de colonización intermedios, pero fue el Parque en el que se dieron procesos de densificación más importantes (de casi el 50%) (Tabla 2).

Cambios en la composición del paisaje

Los tres P.P.N.N. objeto de estudio mostraron dinámicas similares en relación a los índices de paisaje considerados (Tabla 3). Durante el período 1956-2016, mostraron todos ellos una disminución del número de fragmentos (NP), de la densidad de bordes (ED) y de la diversidad de fragmentos (SDI) mientras, lógicamente, se produjo un incremento notable del tamaño promedio de cada fragmento (MPS). En consecuencia, se observó a nivel de todos los P.P.N.N. una homogeneización del paisaje, con menor proporción de espacios abiertos y zonas de transición (bordes).

	Colonización	Densificación
Picos de Europa	17,2 ± 37,7%	45,3 ± 49,8%
Ordesa y Monte Perdido	24,4 ± 43,0 %	37,3 ± 48,4%
Aigüestortes i Estany de Sant Maurici	11,7 ± 32,1%	22,0 ± 41,5%

(*) Los valores incluyen la zona periférica

(*) *Values include the peripheral protected zone*

Tabla 2. Colonización y densificación media estimada para el período 1956-2016 (valores porcentuales en relación a la superficie forestal de 1956) en los tres Parques Nacionales* objeto de estudio.

Table 2. Mean forest encroachment and densification increment for the period 1956-2016 (expressed as a percentage of the forest Surface in 1956) for the three studied National Parks*.

Año	NP	MPS	ED	MPE	SDI
Picos de Europa					
1956	9552	1,94	11,18	0,217	0,845
2016	8247	2,48	7,94	0,197	0,597
Ordesa y Monte Perdido					
1956	4661	1,90	10,85	0,206	0,821
2016	4227	2,34	8,47	0,198	0,660
Aigüestortes i Estany de Sant Maurici					
1956	8546	1,34	13,52	0,181	0,926
2016	7259	1,66	10,52	0,174	0,797

NP: número de fragmentos; MPS: tamaño promedio del fragmento (ha); ED: índice de densidad de borde (km/ha); MPE: tamaño promedio de borde de los fragmentos (km); SDI: índice de diversidad de Shannon

NP: Number of Patches; MPS: Mean Patch Size (ha); ED: Edge Density (km/ha); MPE: Mean Patch Edge (km) and SDI: Shannon Diversity Index.

Tabla 3. Métricas de configuración del paisaje en los tres Parques Nacionales objeto de estudio para los periodos 1956 y 2016.

Table 3. Landscape metrics for the three studied National Parks in the years 1956 and 2016.

DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de la dinámica de la fracción de cabida cubierta de los bosques de los P.P.N.N de alta montaña del norte de España realizado por comparación de fotografías aéreas históricas (1956) y actuales (2016) han mostrado patrones similares en todos los Parques Nacionales del norte de España así como en sus zonas periféricas. Estos patrones se caracterizan por un incremento de la superficie forestal en detrimento de antiguos pastos y cultivos y por una importante densificación de los bosques ya existentes. Estos patrones se alinean con la dinámica observada en los bosques de montaña de la mayoría de los países industrializados europeos (ver p.ej. GELLRICH *et al.*, 2007b) y responde, fundamentalmente, al abandono globalizado de las actividades agrosilvopastorales tradicionales que se ha dado en el mundo rural a partir del siglo XX, particularmente en su segunda mitad en el caso de la Península Ibérica (FANLO *et al.*, 2004; GARCÍA-RUIZ *et al.*, 1996; SANCHO-REINOSO 2013). El P.N. de «Aigüestortes i Estany de Sant Maurici» presenta dinámicas más estables que los otros dos Parques Nacionales objeto de estudio, con la excepción de las masas forestales de una parte de la zona incluida durante el proceso de ampliación de 1996, que mostró un marca-

do incremento de la fracción de cabida cubierta. En cambio, los P.P.N.N. de «Ordesa y Monte Perdido» y «Picos de Europa» han mostrado importantes procesos de colonización y densificación forestal tanto a nivel de las zonas protegidas ya en 1918 como de las que se incorporaron más tarde en los años 80 y 90 del siglo XX, respectivamente. Estos procesos se explican, en ambos Parques por el descenso de la carga ganadera asociado tanto al despoblamiento y envejecimiento de los núcleos de población colindantes como a la baja rentabilidad de la ganadería extensiva (GARCÍA-RUIZ *et al.*, 1996, GARTZIA *et al.*, 2014, GARCÍA *et al.*, 2016).

Los procesos de colonización y densificación forestal anteriormente descritos provocan, en todos los Parques Nacionales analizados, una homogeneización del paisaje, con fragmentos (o manchas) cada vez más grandes y con menor densidad de bordes o zonas de transición. En ausencia de perturbaciones, esta progresiva simplificación del paisaje, también observada en otros sistemas montañosos europeos (ver CAMPAGNARO *et al.*, 2017), limita el desarrollo de especies características de zonas de transición y/o de ámbitos abiertos como los pastos méxicos (MACDONALD *et al.*, 2000). No obstante, la progresiva expansión del bosque favorece la aparición de especies vegetales de sotobosque, algunas de

ellas de gran interés al encontrar en estos ámbitos sus límites meridionales de desarrollo (GARCÍA *et al.*, 2019). A nivel faunístico, el impacto de los cambios estructurales asociados a la expansión y densificación de las masas forestales es también variable. Así, son esperables descensos en las poblaciones de especies cuyo hábitat incluye márgenes agrícolas, zonas abiertas o bosques ralos, como la perdiz roja (*Alectoris rufa* L.) o la perdiz pardilla (*Perdix perdix* L.) (MACDONALD *et al.*, 2000) y una mejora sustancial del hábitat de especies de ámbito más forestal, como el pito negro (*Dryocopus martius* L.) (VILLERO *et al.*, 2015).

A una escala inferior, el cese de la gestión forestal y el progresivo aumento de la fracción de cubierta de las masas forestales de los parques promueve el desarrollo y expansión de especies tolerantes a la sombra, como el haya o el abeto en antiguos pinares y robledales. Dichos procesos se ven además favorecidos por el aumento de las temperaturas y el alargamiento del período vegetativo asociado al cambio climático (MONTES *et al.*, 2019, RUBIO-CUADRADO *et al.*, 2019, este volumen). Asimismo, se prevé que el efecto combinado del cambio climático y la reducción de la actividad antrópica provoque un ascenso del límite altitudinal del bosque (CAMARERO & GUTIÉRREZ 2004, AMEZTEGUI *et al.*, 2010, 2016). El incremento de la superficie forestal en detrimento de pastos o cultivos implica, a su vez, un aumento del riesgo

de incendio dado el incremento de la carga y continuidad del combustible asociado a estos procesos (MOREIRA *et al.*, 2001).

En resumen, los resultados del trabajo muestran un incremento de la superficie forestal asociado a la colonización de espacios abiertos por especies leñosas y a la densificación y crecimiento de las masas ya existentes en los 3 P.P.N.N. de alta montaña del norte de España. Dichos procesos, de magnitud variable según el Parque y el área de análisis considerados, provocan una simplificación del paisaje y la pérdida del mosaico original conformado por masas forestales y pastos montanos y subalpinos. Las consecuencias de estos cambios sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas son variables y difíciles de pronosticar en el futuro, dado que además interactúan con los efectos del cambio climático y los cambios previstos en el régimen de perturbaciones. Es por ello que resulta fundamental mantener programas de investigación como en el que se enmarca este trabajo y la inclusión de algunos Parques Nacionales en estrategias de monitoreo y seguimiento a largo plazo de la dinámica forestal como por ejemplo las redes LTER.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer al Organismo Autónomo Parques Nacionales la financiación del proyecto 949S/2013 y el apoyo en el desarrollo del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMEZTEGUI, A.; BROTONS, L.; COLL, L. 2010. Land-use changes as major drivers of mountain pine (*Pinus uncinata* Ram.) expansion in the Pyrenees. *Global Ecology and Biogeography* 19: 632-641.
- AMEZTEGUI, A.; COLL, L.; BROTONS, L.; NINOT, J.M. 2016. Land-use legacies rather than climate change are driving the recent upward shift of the mountain treeline in the Pyrenees. *Global Ecology and Biogeography* 25: 267-273.
- CAMARERO, J. J.; GUTIÉRREZ. 2004. Pace and pattern of recent treeline dynamics: response of ecotones to climatic variability in the Spanish Pyrenees. *Climatic Change* 63: 181-200.
- CAMPAGNARO, T.; FRATE, L.; CARRANZA, M.L.; SITZIA, T. 2017. Multi-scale analysis of alpine landscapes with different intensities of abandonment reveals similar spatial pattern changes: Implications for habitat conservation. *Ecological Indicators* 74: 147-159.
- COOP, J.D.; GIVNISH, T.J. 2007. Spatial and temporal patterns of recent forest encroachment in montane grasslands of the Valles Caldera, NewMexico, USA. *Journal of Biogeography* 34: 914-927.
- DEBUSSCHE, M.; LEPART, J.; DERVIEUX, A. 1999. Mediterranean landscape changes: evidence from old postcards. *Global Ecology and Biogeography* 8: 3-15.
- DULLINGER, S.; DIRNBOCK, T.; GRABHERR, G. 2004. Modelling climate change-driven treeline shifts: relative effects of temperature increase, dispersal and invasibility. *Journal of Ecology* 92: 241-252.
- FANLO, R.; CHOCARRO, C.; BACHES, X.; MASIP, G. 2004. Cambios de uso del suelo en los últimos 50 años en un valle Pirenaico. *Pastos* 34: 33-46.
- GARCÍA, M.B.; ALADOS, C.L.; ANTOR, R.; BENITO ALONSO, J.L.; CAMARERO, J.J.; CARME-NA, F.; ERREA, P.; FILLAT, F.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GARCÍA-RUIZ, J.M.; GARTZIA, M.; GÓMEZ, D.; GÓMEZ, I.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; GUTIÉRREZ, E.; JIMÉNEZ, J.J.; LÓPEZ-MORENO, J.I.; MATA, P.; MORENO, A.; MONTSERRAT, P.; NUCHE, P.; PARDO, I.; REVUELTO, J.; RIERADEVAL, M.I.; SAIZ, H.; TEJERO, P.; VICENTE-SERRANO, S.; VILLAGRASA, E.; VILLAR, L.; VALERO GARCÉS, B. 2016. Integrando escalas y métodos LTER para comprender la dinámica global de un espacio protegido de montaña: el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. *Ecosistemas* 25: 19-30.
- GARCÍA, M.B.; ERREA, P.; GÓMEZ, D.; PIZARRO, M. 2019. Winners and losers of landscape changes over the last sixty years in one of the oldest and southernmost national parks of the European alpine region: Ordesa and Monte Perdido. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 45. <http://doi.org/10.18172/cig.3711>.
- 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.
- GARTZIA, M.; ALADOS, C.L.; PÉREZ-CABELLO, F. 2014. Assessment of the effects of biophysical and anthropogenic factors on woody plant encroachment in dense and sparse mountain grasslands based on remote sensing data. *Progress in Physical Geography* 38: 201-217.
- GEHRIG-FASEL, J.; GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N.E. 2007. Tree line shifts in the Swiss Alps: climate change or land abandonment? *Journal of Vegetation Science* 18: 571-582.
- GELLRICH, M.; BAUR, P.; ZIMMERMANN, N.E. 2007a. Natural forest regrowth as a proxy variable for agricultural land abandonment in the Swiss mountains: a spatial statistical model based on geophysical and socio-economic variables. *Environmental Modeling and Assessment* 12: 269-278.
- GELLRICH, M.; BAUR, P.; KOCH, B.; ZIMMERMANN, N.E. 2007b. Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment* 118: 93-108.

- 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.
- MACDONALD, D.; CRABTREE, J.R.; WIESINGER, G.; DAX, T.; STAMOU, N.; FLEURY, P.; GUTIERREZ LAZPITA, J.; GIBON, A. 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management* 59: 47-69.
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.A.; ENE, E. 2012. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. University of Massachusetts, Amherst.
- MILLINGTON, J.D.A.; PERRY, G.L.W.; ROMERO-CALCERRADA, R. 2007. Regression techniques for examining land use/cover change: a case study of a mediterranean landscape. *Ecosystems* 10: 562-578.
- MONTES, F.; RUBIO-CUADRADO, A.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M.; GÓMEZ, C.; HERNÁNDEZ, L.; MORENO-FERNÁNDEZ, D.; SÁNCHEZ DE DIOS, R.; SAINZ-OLLERO, H.; CAÑELLAS, I.; SANGÜESA-BARREDA, G.; COLL, L.; CAMARERO, J.J. 2019. Pasado, presente y futuro de los bosques de montaña (III): dinámica de ecotonos forestales. Este volumen.
- MOREIRA, F.; REGO, F.; FERREIRA, P. 2001. Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: Implications for fire occurrence. *Landscape Ecology* 16: 557-567.
- POYATOS, R.; LATRON, J.; LLORENS, P. 2003. Land use and land cover change after agricultural abandonment - the case of a Mediterranean mountain area (Catalan pre-Pyrenees). *Mountain Research and Development* 23: 362-368.
- RUBIO-CUADRADO, A.; CAMARERO, J.J.; SANGÜESA-BARREDA, G.; DEL RIO, M.; RUIZ-PEINADO, R.; BRAVO-OVIEDO, A.; GIL, L.; MONTES, F. 2019. Pasado, presente y futuro de los bosques de montaña (II): respuesta del crecimiento radial frente al cambio climático. Este volumen.
- SANCHO-REINOSO, A. 2013 Land abandonment and the dynamics of agricultural landscapes in Mediterranean mountain environments: the case of Ribagorça (Spanish Pyrenees). *Erdkunde* 67: · 289-308.
- VILLERO, D.; PLA, M.; CLAVERO, M.; RUIZ-OLMO, J.; GARCÍA, D.; COLL, L.; AMEZTEGUI, A.; BROTONS, L. 2015. El papel de las trayectorias históricas en los cambios de uso del suelo sobre aves forestales protegidas en el Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. En: Amengual, P., Asensio, B (Eds.) *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2010-2013*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. ISBN: 978-84-8014-870-2.