

# La pérdida de biodiversidad por abandono rural en el LTER Montseny cuantificada a partir del monitoreo de aves

S. Herrando<sup>1,3\*</sup>, M. Anton<sup>1</sup>, Ll. Brotons<sup>1,2,3</sup>, D. Guinart<sup>4</sup>

(1) Institut Català d'Ornitologia, Museu de Ciències Naturals de Barcelona, Plaça Leonardo da Vinci 4-5, 08019 Barcelona.

(2) Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CEMFOR-CTFC). Ctra. antiga St. Llorenç de Morunys km 2, 25280 Solsona.

(3) CREA, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra.

(4) Parc Natural del Montseny, Servei de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona. C./Comte d'Urgell, 187, 3ª planta. 08036 Barcelona.

\* Autor de correspondencia: S. Herrando [[ornitologia@ornitologia.org](mailto:ornitologia@ornitologia.org)]

> Recibido el 25 de mayo de 2015 - Aceptado el 15 de enero de 2016

**Herrando, S., Anton, M., Brotons, Ll., Guinart, D. 2016. La pérdida de biodiversidad por abandono rural en el LTER Montseny cuantificada a partir del monitoreo de aves. *Ecosistemas* 25(1): 49-55. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.06**

El abandono de las prácticas agro-ganaderas tradicionales en las áreas montañosas de la cuenca mediterránea está a menudo asociado a un incremento general de la masa vegetal y a una pérdida de ambientes abiertos. Los espacios protegidos de montaña de la red LTER (Long Term Ecological Research) son zonas privilegiadas para estudiar en detalle este proceso mediante proyectos de seguimiento de las poblaciones a largo plazo. En el caso particular del nódulo LTER-Montseny el impacto de la reforestación en las aves está siendo monitoreado gracias a la implantación, hace ya más de una década, del programa de seguimiento de aves comunes en Cataluña. Este programa de seguimiento está permitiendo desarrollar indicadores que determinan la evolución de las comunidades de aves de medios abiertos y de los bosques de este parque natural. En este trabajo se emplean indicadores multispecíficos basados en la media geométrica de índices poblacionales anuales para determinar los cambios que están sufriendo las aves de estos ambientes. Los resultados muestran que en el periodo 2002-2014 el impacto de la reforestación está siendo notable para las poblaciones de aves de medios abiertos (decremento poblacional del 44% entre 2002 y 2014). En consonancia con estos resultados, los gestores del parque han impulsado medidas de recuperación de los pastizales del parque conjuntamente con los agentes socioeconómicos locales.

**Palabras clave:** parques naturales; bosques; hábitats abiertos; ornitología; indicadores.

**Herrando, S., Anton, M., Brotons, Ll., Guinart, D. 2016. Biodiversity loss for rural abandonment in LTER Montseny measured by bird surveys. *Ecosistemas* 25(1): 49-55. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.06**

The abandonment of traditional farmland practices in the mountain areas of the Mediterranean Basin is producing a general vegetation encroachment and a decrease on open habitats. The protected mountain areas of the LTER (Long Term Ecological Research) network are privileged zones to study in detail this process by means of long-term monitoring projects. In the particular case of the nodule LTER Montseny the impact of afforestation on birds is being monitored during more than a decade in the framework of the Catalan Common Bird Survey. This scheme has allowed developing indicators that determine the shifts in bird communities associated to the open and forest habitats of this natural park. In this work we used multispecies indicators based on the geometric means of yearly population indices to determine the change that, as a whole, the birds are undergoing in these environments. Results show that the impact of vegetation encroachment is noticeable in the populations of open-space species (44% population decrease between 2002 and 2014). Following these results, park managers, together with local socioeconomic stakeholders, are promoting practices to recover and improve open pastures

**Key words:** Natural parks; forest; open habitats; ornithology; indicators

## Introducción

Reducir las presiones que afectan la biodiversidad y promover su uso sostenible son dos de los objetivos estratégicos de la Convención para la Biodiversidad Biológica a escala mundial (SCBD 2014). En general, la conversión de hábitats naturales en áreas cultivadas está dando lugar a una gran pérdida de biodiversidad en todo el mundo (de Chazal y Rounsevell 2009) y se prevé que este factor de cambio pueda ser la causa directa o indirecta del 70% de la pérdida de biodiversidad terrestre en los próximos años (SCBD 2014). Sin embargo, en determinadas áreas del planeta es precisamente el abandono de las prácticas agrícolas y ganaderas tradicionales lo que está poniendo en peligro determinados hábitats caracterizados por la baja cobertura vegetal (e.g. Poschlod et al. 2005). En la cuenca mediterránea europea, el proceso de refores-

tación ha representado, en términos de superficie afectada, el principal tipo de cambio de uso del suelo en las últimas décadas (Feranec et al. 2010). Las causas inmediatas del desarrollo de la vegetación están íntimamente ligadas a la reducción del pastoreo de ganado y de la extracción de combustibles leñosos (Lasanta-Martínez et al. 2005). Estos dos procesos se han producido principalmente en zonas montañosas del Mediterráneo, donde las rentas procedentes de las actividades agroganaderas se han ido reduciendo hasta el punto de producir un abandono de la población rural (Debussche et al. 1999, Blondel y Aronson 1999, Pinto-Correia y Vos 2004).

Cataluña es un territorio que ha sufrido profundos cambios en el uso del suelo en los últimos siglos. Uno de los lugares donde mejor se ha estudiado este fenómeno y su efecto sobre la biodiversidad es la zona densamente poblada (casi 5 millones de habitantes

en 3240 km<sup>2</sup>) de la Región Metropolitana de Barcelona. Ésta es una región en la que se ha producido un abandono generalizado de los cultivos y una importante expansión de zonas urbanizadas y de la cubierta forestal, causando una importante reducción de los hábitats abiertos (cultivos y pastos), considerados como los principales reservorios de la biodiversidad de la zona (Santos et al. 2008). En el caso concreto del Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny, ubicado 60 km al noreste de Barcelona, en los últimos cincuenta años se observa una clara reducción, de más del 60%, de las zonas de cultivo, las cuales se han convertido en densas zonas boscosas (42%), matorrales (10%) y prados (8%). Se observa una clara tendencia en la reducción y fragmentación de los espacios abiertos, cifrada en 47% en los últimos cincuenta años. Todo ello pone de manifiesto un proceso de homogeneización del paisaje del Montseny, derivado del cambio de usos del suelo, siendo el más importante la reforestación, que afecta el 12% de su superficie (Vicente y Pino 2012).

Hay un gran número de posibles fuentes de datos y procedimientos metodológicos para evaluar el impacto de los factores de cambio ambiental en la biodiversidad a escala local, pero es interesante enmarcar las evaluaciones a escala local en el contexto de las Variables Biológicas Esenciales (EBV) que se plantean a escala global (www.earthobservations.org/geobon\_ebv.shtml). Las EBVs pretenden estandarizar la comunicación de la información sobre cambios en la biodiversidad de la misma manera que ha realizado la comunidad implicada en el análisis del clima. Entre las EBVs más destacadas se mencionan explícitamente las evaluaciones de los cambios poblacionales de seres vivos basados en datos de los proyectos de monitoreo a largo plazo (Pereira et al. 2013).

El monitoreo de las poblaciones de aves a largo plazo constituye una fuente de datos especialmente interesante para evaluar las consecuencias de los procesos de cambios de hábitats como la reforestación. Las aves son muy sensibles a los cambios en la estructura de la vegetación, de tal manera que la dinámica de los procesos de sucesión ecológica determinan variaciones notables en la abundancia relativa de las especies que constituyen las comunidades orníticas (Wiens 1989). En este sentido, el impacto negativo de la reforestación en los diferentes componentes de la biodiversidad asociada a hábitats abiertos en la región mediterránea ha sido particularmente bien estudiado en las aves del área noroccidental de la Cuenca Mediterránea (Preiss et al. 1997, Sirami et al. 2008, Herrando et al. 2014). Actualmente, gracias a su popularidad entre los amantes de la naturaleza, los proyectos de seguimiento de aves a gran escala basados en la ciencia de la ciudadanía representan una oportunidad para su implantación en espacios naturales con el objetivo de proporcionar EBVs útiles para determinar el impacto de cambios de usos del suelo en la biodiversidad. Este tipo de proyectos se desarrolla en la mayoría de los países europeos (PECBMS 2013).

En este estudio se analiza el impacto que el progresivo abandono de la actividad agroganadera está teniendo sobre las comunidades de aves del Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny. El objetivo que se plantea es determinar si los cambios en las comunidades de aves observados en los últimos años han estado asociados al abandono de la actividad agroganadera, mediante indicadores de la evolución temporal de las poblaciones de aves de medios abiertos y las de medios forestales.

## Métodos

### Área y período de estudio

El Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny (PN-RB Montseny) ha sido recientemente incluido en la Red Española de Investigación Ecológica a Largo Plazo (LTER-España). Tiene una superficie de 30 120 ha y está situado en la Cordillera Prelitoral Catalana, entre las provincias de Barcelona y de Gerona, a unos 15 km en línea recta del mar, sobresaliendo de las llanuras vecinas hasta los 1706 m de altura y presentando una diversidad de ambientes biogeográficos representativos de los principales paisajes

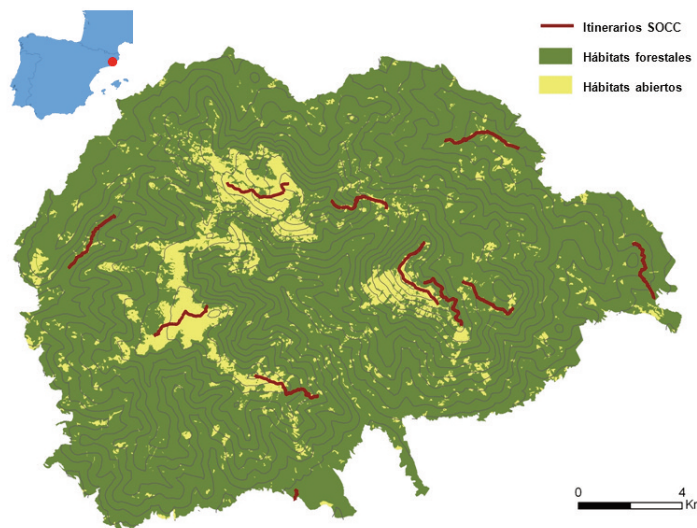
Europeos. Los dos factores principales que explican esta diversidad son el relieve y la acción del hombre, que ha modelado el paisaje desde el neolítico. En conjunto está dominado por formaciones boscosas de tipo mediterráneo y centroeuropeo, pero en las zonas más elevadas se encuentran paisajes abiertos formados por landas, matorrales y prados, productos de la actividad ganadera más que de limitaciones climáticas o edáficas (Fig. 1).

En este trabajo se investiga el impacto de los cambios en el uso del suelo en las aves del PN-RB Montseny a lo largo del período 2002-2014. No existen estudios que analicen los cambios de la cubierta forestal del Montseny en este período concreto. En el conjunto de Cataluña, la superficie forestal durante el período 1993-2005 ha aumentado más de un 5% en detrimento de los espacios abiertos (<http://www.crea.uab.es/mcsc/>).

### Seguimiento de aves

Como miembro de la red LTER, el PN-RB Montseny promueve el seguimiento de parámetros biológicos mediante un conjunto de proyectos de monitoreo a largo plazo. En el caso concreto de las aves, su seguimiento empezó en el año 2002 con la implantación del proyecto de Seguimiento de Aves Comunes en Catalunya (SOCC). Se inició con 4 itinerarios distribuidos de forma estratificada por los principales ambientes del parque. En los años siguientes el número de itinerarios fue aumentando hasta los 10 actuales (Fig. 1), pero en todo momento se han mantenido las proporciones iniciales de cobertura de ambientes boscosos y pratenses.

El trabajo de campo se fundamenta en los principios del programa SOCC. Esencialmente, se realizan dos censos en temporada de nidificación (15 de abril-15 de junio) y dos en invierno (diciembre-enero). En cada censo se anotan las aves oídas o vistas a lo largo de un transecto lineal de 3 km de longitud, por lo que en general se atraviesan diferentes tipologías de hábitats (Herrando et al. 2014).



**Figura 1.** Localización de los itinerarios de censo de aves SOCC en el Parque Natural del Montseny. Cada itinerario SOCC tiene una longitud de 3 km. Su distribución en el parque está definida por un muestreo estratificado de sus principales ambientes. Utilizando datos de los 10 transectos mostrados en el mapa, se estimaron índices poblacionales y tendencias para las especies de aves comunes para el período 2002-2014. Los índices poblacionales de todas las especies analizadas se estandarizaron a un valor de 1 para el primer año de la serie estudiada (el 2002).

**Figure 1.** Location of SOCC bird census transects in the Natural Park of Montseny. Each SOCC transect has a length of 3 km. Its distribution in the park is defined by stratified sampling of the main environments. Using data from the 10 transects shown in the map, population indices and trends for common bird species for the period 2002-2014 were estimated. The population indices of all species analysed were standardized to a value of 1 for the first year of the study series (2002).

## Cálculo de índices poblacionales

A partir de los conteos de campo realizados en los itinerarios SOCC, para cada una de las especies analizadas se obtuvieron índices poblacionales anuales con sus respectivos errores estándar para el conjunto del PN-RB Montseny. Estos dos parámetros poblacionales se estimaron mediante análisis de series temporales con el programa TRIM (*TRends and Indices for Monitoring data*; Pannekoek y van Strien 2005), el cual genera índices poblacionales anuales y tendencias para el conjunto del período estudiado. Los valores de tendencia poblacional para cada especie se tomaron siguiendo los patrones establecidos por el *European Bird Census Council* (PECBMS 2013) para dar información sobre las tendencias de las especies, y en este trabajo se muestra el porcentaje de cambio promedio anual, su significación y la tipología de tendencia.

## Elaboración de indicadores

Dado que el objetivo de este estudio es determinar los cambios en las poblaciones de aves de los hábitats forestales y abiertos del PN-RB Montseny, resultó esencial caracterizar de forma adecuada la ecología de las especies de aves comunes muestreadas. Para ello nos basamos en los requerimientos ecológicos de las especies a escala local, a partir de diversos trabajos realizados sobre las aves del Montseny (e.g. Ribas 2014) y de la experiencia acumulada por los ornitólogos que participan en el SOCC. Se consideraron forestales todas las especies que se encuentran predominantemente en los bosques de este macizo montañoso, tanto los de tipo mediterráneo (básicamente encinares) como eurosiberiano (básicamente hayedos). Por otro lado, se categorizaron como propias de medios abiertos las especies que se localizan de forma mayoritaria en zonas de cultivo, prados, landas y matorrales, donde la vegetación no suele pasar de medio metro de altura.

Basándonos en la clasificación de especies de medios forestales y abiertos realizada, se desarrollaron indicadores multiespecíficos aplicando la media geométrica de los índices poblacionales anuales de cada especie. Dado que para cada especie se tomó como valor de referencia poblacional el 1 para el primer año de la serie temporal (el 2002), las medias geométricas también tuvieron un valor de referencia 1 para ese año. Así, un valor del indicador de 0.5 o de 1.5 para un año determinado se debe interpretar como una disminución o aumento, respectivamente, del 50 % del conjunto de las poblaciones estudiadas (ya sea de medios forestales o medios abiertos) respecto a la del año inicial (Gregory et al. 2005). Los errores estándar de estos índices anuales del indicador se obtuvieron a través de una linealización de Taylor (ver detalles del proceso en Gregory et al. 2005). Finalmente, la significación estadística de los valores anuales de estos indicadores se evaluó utilizando intervalos de confianza (IC) del 95%; si para un determinado valor anual del indicador su IC no incluía el valor inicial de referencia de la serie temporal, entonces se consideraron estos dos valores significativamente diferentes (Gregory et al. 2005; ver Pannekoek y van Strien 2005 para el mismo enfoque a nivel de especies). Esta aproximación también se utilizó para cuantificar la diferencia entre los valores del año inicial (2002) y final (2014) de la serie, expresada como porcentaje de cambio entre estos años (Gregory et al. 2005). Este tipo de indicadores basados en las medias geométricas satisface la mayoría de las propiedades matemáticas deseables para los indicadores de cambio de la biodiversidad (van Strien et al. 2012).

## Control de interacción con cambio climático

Finalmente, y dada la posible interacción entre las respuestas de las aves mediterráneas a los cambios de uso del suelo y al cambio climático (Clavero et al. 2011), analizamos si las especies incluidas en cada uno de los dos indicadores (forestal y abierto) diferían en su estimación de impacto por cambio climático, para explorar si esta posible relación podría estar enmascarando los patrones observados y por tanto produciendo una interpretación inadecuada de los cambios de los indicadores de hábitat generados. Para realizar esta aproximación a la sensibilidad de cada especie al cambio climático se emplearon las estimas establecidas por Gregory et al. (2009) a escala europea (estimaciones CLIMEns). Se empleó un GLM para

analizar la significación estadística y el sentido de estas posibles diferencias entre las estimas CLIMEns de las especies clasificadas como forestales y las de medios abiertos. Cabe destacar que los medios abiertos del PN-RB Montseny se sitúan de forma clara en las zonas elevadas del parque, entre 1000 y 1700 m, y por tanto resulta especialmente pertinente explorar si puede haber un efecto climático en los patrones temporales que muestran los indicadores de hábitat.

## Control de interacción con patrones migratorios

Este tipo de indicadores se fundamenta en buena medida en las tendencias poblacionales de un conjunto de especies presentes en hábitats forestales y medios abiertos del Montseny durante la temporada de reproducción. Algunas de las aves estudiadas son migradoras de larga distancia (transaharianas) y, en consecuencia, para estas especies los cambios poblacionales observados también pueden tener su origen en cambios en las alejadas áreas de invernada. Dado que la proporción de especies transaharianas puede variar entre las aves de los dos hábitats estudiados, en este trabajo también desarrollamos los indicadores considerando solamente las especies residentes (o migradoras de corta distancia) y analizamos la correlación de Pearson entre los valores anuales de estos indicadores y los de los indicadores que incluyen todas las especies.

## Resultados

Un total de 34 especies de aves comunes del PN-RB Montseny se incluyeron en este estudio por ser consideradas indicadoras forestales (19 especies) o de medios abiertos (15 especies) (Tabla 1). Los análisis de tendencias temporales para el período 2002-2014 no muestran un patrón consistente de cambio en el conjunto de especies forestales ya que dos incrementaron su población significativamente, una disminuyó significativamente, seis se consideraron estables y ocho tuvieron una tendencia estadísticamente incierta. En el caso de las especies propias de medios abiertos aparece un patrón de descenso poblacional más aparente, puesto que cuatro especies mostraron una disminución poblacional significativa, ninguna mostró un incremento poblacional, una se mostró estable y 10 mostraron una tendencia incierta (Tabla 1).

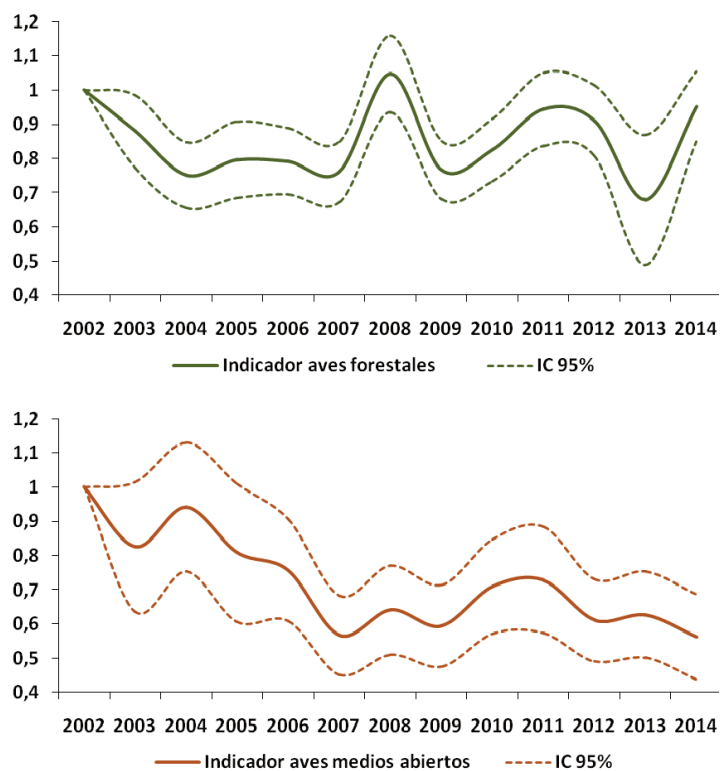
El indicador multiespecífico del conjunto de las aves forestales muestra un patrón temporal oscilante pero sin ninguna tendencia definida. El porcentaje de cambio entre los valores del primer año monitoreado (2002) y el último (2014) muestran un decremento no significativo del 5 % (IC95 % de este valor situado entre el 5 % y el -10%; Fig. 2). Por el contrario, el indicador de aves de medios abiertos muestra un descenso estadísticamente significativo, con un porcentaje de cambio promedio entre 2002 y 2014 de -44 % (IC95 % de este valor situado entre el -31 % y el -56 %). Vale la pena remarcar que este descenso se produce al principio de la serie temporal estudiada, entre 2002 y 2007 (promedio de -43 %) y que los valores se mantienen estabilizados desde este último año hasta el 2014 (Fig. 2).

No hemos encontrado evidencias que indiquen que los patrones encontrados estén relacionados con el cambio climático, ya que en conjunto las especies del indicador de zonas abiertas están significativamente más positivamente afectadas por el cambio climático que las del indicador forestal. Las especies incluidas en el indicador de medios abiertos mostraron un valor promedio de CLIMEns de signo positivo (0.07), lo cual significa que en conjunto se prevé que estas especies se vean favorecidas por el cambio climático. En cambio, las especies incluidas en el indicador forestal muestran un valor de CLIMEn promedio negativo (-0.16), es decir, que en principio se espera que el cambio climático les afecte negativamente. Estos valores fueron significativamente distintos ( $F_{1,32}=9.66$ ,  $p<0.01$ ). Por lo tanto, estas predicciones de respuesta climática van en sentido opuesto al patrón de cambio poblacional observado, ya que el indicador de medios abiertos (afectado positivamente por el cambio climático) está en declive mientras que el forestal (afectado negativamente por el cambio climático) se muestra estable.

**Tabla 1.** Tendencias detectadas en las aves comunes forestales y de medios abiertos del Parque-Natural Reserva de la Biosfera del Montseny en el periodo 2002-2014. Siguiendo los patrones establecidos por el European Bird Census Council (PECBMS 2013) para dar información sobre la tendencias de las especies, se muestra el porcentaje de cambio promedio anual, precedido de un símbolo y un signo (“+” significa incremento poblacional, “-” significa decremento poblacional). Los símbolos “↑” y “↓” significan incremento y decremento significativos de una magnitud menor al 5% anual, respectivamente, mientras la doble flecha indica una tendencia de más del 5% anual. Este valor del 5% no hace referencia al valor promedio de la estima del cambio anual (mostrado numéricamente) sino al valor inferior de su intervalo de confianza en el caso de los aumentos, y al superior en el caso de disminuciones (nivel de significación de  $p < 0.05$ ). El símbolo “~” muestra que no hay incrementos ni decrementos significativos, pero que es cierto que el cambio es menor del 5% anual, mientras que el símbolo “?” indica que no hay incrementos ni decrementos significativos, pero que no es cierto que el cambio sea menor del 5% anual. Estos últimos valores se suelen citar como “tendencias estables” y “tendencias inciertas” respectivamente (PECBMS 2013). Se muestra la clasificación de las especies como propias de ambientes forestales o de ambientes abiertos; esta selección de especies se emplea en cada uno de los indicadores multispecíficos. (Fig. 2). Finalmente, se muestra una columna con el patrón migratorio de las especies.

**Table 1.** Trends detected for the common bird species for forest and open-space areas of the Park-Natural Biosphere Reserve of Montseny in the period 2002-2014. Following the guidelines set by the European Bird Census Council (PECBMS 2013) to report on the species trends, yearly percentages of change, preceded by a symbol and a sign (“+” means population increase, “-” means population decrease) are shown. The symbols “↑” and “↓” mean significant increase and decrease of a less than 5% annually, respectively, while the double arrow means an increase to over 5% annually. This value of 5% does not refer to the average value of the estimated yearly change (shown numerically) but to the lower value of the confidence interval in the case of increases, and higher for decreases (significance level at  $p < 0.05$ ). The symbol “~” shows no significant increases or decreases, but it is true that the change is less than 5% annually, while the symbol “?” indicates no significant increases or decreases, but it is not true that the change is less than 5%. These latter values are often cited as “stable trends” and “uncertain trends” respectively (PECBMS 2013). The classification of species as typical of forest environments or open areas is show; this species selection is used for each multispecies indicators (Fig. 2). Finally, the species’ migratory pattern is shown (Residente/M. corta distancia means Resident/Short distance migrant, and M. transahariano means Transaharan migrant).

Especie	Tendencia	Indicador	Patrón de migración
<i>Columba palumbus</i>	~-1%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Picus sharpei</i>	? 5%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Dendrocopos major</i>	? -1%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Lullula arborea</i>	? -3%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Alauda arvensis</i>	~-1%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Hirundo rustica</i>	? 3%	Hábitats abiertos	M. transahariano
<i>Troglodytes troglodytes</i>	↓↓ -8%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Prunella modularis</i>	? -1%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Erithacus rubecula</i>	↑ 3%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Saxicola rubicola</i>	? -7%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Turdus philomelos</i>	? -2%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Turdus viscivorus</i>	? 2%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Sylvia undata</i>	? 3%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Sylvia cantillans</i>	? -3%	Hábitats abiertos	M. transahariano
<i>Sylvia melanocephala</i>	↓↓ -12%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Sylvia communis</i>	↓ -7%	Hábitats abiertos	M. transahariano
<i>Sylvia atricapilla</i>	~0%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Phylloscopus collybita</i>	? -4%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Regulus regulus</i>	? 5%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Regulus ignicapillus</i>	? 3%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Aegithalos caudatus</i>	? 0%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Lophophanes cristatus</i>	? -4%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Periparus ater</i>	↑ 5%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Cyanistes caeruleus</i>	~-2%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Parus major</i>	~-1%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Sitta europaea</i>	? 5%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Certhia brachydactyla</i>	~-1%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Lanius collurio</i>	? 6%	Hábitats abiertos	M. transahariano
<i>Garrulus glandarius</i>	? -3%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Fringilla coelebs</i>	~-2%	Forestal	Residente/M. corta distancia
<i>Serinus serinus</i>	? -2%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Chloris chloris</i>	? -4%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Carduelis cannabina</i>	↓↓ -17%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia
<i>Emberiza cia</i>	↓ -11%	Hábitats abiertos	Residente/M. corta distancia



**Figura 2.** Cambios temporales de los indicadores de aves del Montseny en el período de estudio. El indicador de aves forestales (arriba) está compuesto por las tendencias conjuntas de 19 especies de aves comunes características de los bosques del parque natural, mientras que en el indicador de aves de ambientes abiertos (abajo) está compuesto por las tendencias conjuntas de 15 especies de aves comunes en sus prados y matorrales bajos (ver [Tabla 1](#)). Las líneas gruesas muestran la media geométrica de los índices poblacionales de las especies consideradas en cada indicador, y los intervalos de confianza del 95% se obtienen a través de una linealización de Taylor de la media geométrica (Gregory et al. 2005). El valor del indicador para el año inicial del seguimiento (2002) se situó en 1.

**Figure 2.** Temporal changes of the bird indicators for Montseny in the study period. The indicator of forest birds (up) is composed of 19 joint trends for common forest bird species in the natural park, while the indicator of open-space birds (bottom) is composed of 15 joint trends for common bird species occurring in their meadows and shrublands (see [Table 1](#)). The thick lines show the geometric mean of the species population indexes included in each indicator, while the 95% confidence intervals are obtained through a Taylor linearization of the geometric mean (Gregory et al. 2005). The indicator value for the initial year of monitoring (2002) were set to 1.

Entre las 15 especies de medios abiertos incluidas en el indicador había 4 especies migradoras transaharianas, mientras que ninguna de las 19 especies forestales consideradas en este trabajo lo era ([Tabla 1](#)). Por esta razón generamos el indicador de aves de medios abiertos sólo con las especies residentes (gráfico no mostrado). Los valores anuales de este indicador estuvieron positiva y significativamente relacionadas con el indicador que incluía todas las especies (Pearson  $r=0.93$ ;  $p<0.0001$ ;  $n=13$ ).

## Discusión

### Indicadores en su contexto

El desarrollo de indicadores que sintetizan información sobre el cambio temporal de las poblaciones debe estar íntimamente ligado a los objetivos que se establezcan. Los indicadores planteados en este estudio están enmarcados en estrategias del Plan de Conservación del PN-RB Montseny (Guinart et al. 2014) derivadas en última instancia del objetivo estratégico B5 (pérdida de hábitats) del Plan Estratégico para la Biodiversidad 2011-2020 de la Convención para la Diversidad Biológica (SCBD 2014). En este contexto, es esencial determinar las Variables Biológicas Esenciales (EBV) que permitan desarrollar robustos indicadores que evalúen el progreso

hacia los objetivos establecidos, y entre ellas se cita a los indicadores basados en el conteo de grupos de especies fáciles de monitorizar, como las aves (Pereira et al. 2013). Más concretamente, las aproximaciones conceptuales y metodológicas de indicadores de estado a partir de datos del monitoreo de aves desarrolladas inicialmente para aves de ambientes agrícolas (Gregory et al. 2005) representan un interesante mecanismo de evaluación de los objetivos establecidos para reducir la pérdida de especies de los hábitats abiertos del PN-RB Montseny.

Para el desarrollo de estos indicadores es esencial determinar cuáles son las especies características de los ambientes objeto de este análisis. Para ello resulta apropiado considerar la ecología de las especies a la escala que se pretende analizar. En este estudio se determinó una clasificación de especies forestales y de medios abiertos de acuerdo con la bibliografía y conocimiento experto local y, aunque toda clasificación tiene siempre un punto de arbitrariedad, ésta coincide en gran medida con la realizada a escala catalana para los indicadores de estado de especies de zonas abiertas (Herrando y Anton 2014). Es importante remarcar que en este protocolo todas las especies tienen un mismo peso en la composición del indicador multiespecífico y por tanto todas y cada una de las peculiaridades ecológicas de las especies incluidas tiene el mismo valor en el indicador. Esta aproximación difiere ligeramente de la de los indicadores multiespecíficos que analizan no ya el estado de un ambiente general sino el impacto de un proceso de cambio de hábitat concreto, para los cuales habitualmente se cuantifica la respuesta de cada especie a un gradiente de cambio ambiental concreto (Herrando et al. 2014).

### Patrones de cambio en el uso del suelo

Los resultados que se obtienen de este estudio muestran claramente una disminución del conjunto de las especies de aves comunes de los ambientes abiertos del PN-RB Montseny, lo cual contrasta con la estabilidad general de las aves de las zonas forestales. La magnitud del cambio poblacional observado en las aves de espacios abiertos es muy notable, del 44% en tan solo 12 años pero además muy concentrado en los cinco primeros, en el periodo 2002-2007. Esta disminución no se ha producido sólo en el Montseny sino que las especies de pastos y matorrales de toda Cataluña muestran un patrón de caída poblacional similar, aunque de una magnitud algo menor (Herrando y Anton 2014), dato que refuerza la idea de que en el Montseny la pérdida de biodiversidad en estos hábitats debe haber sido aún más destacada que en el conjunto de la región.

Los resultados del análisis realizado comparando el sentido y la magnitud de las predicciones de respuesta al cambio climático de las especies clasificadas como forestales o de medios abiertos muestran que si el cambio climático fuese el principal factor de cambio ambiental, las especies clasificadas como de medios abiertos (previsiblemente afectadas positivamente por el cambio climático) habrían aumentado y las forestales (previsiblemente afectadas negativamente por el cambio climático) disminuido, algo inconsistente con los resultados que observamos en los indicadores. Por tanto, los patrones temporales observados no parecen ser un artefacto relacionado con el cambio climático, un resultado que refuerza la hipótesis de que éstos se relacionan con las variaciones en la estructura de la vegetación asociada al abandono de la tierra. En todo caso, si el cambio climático estuviese actuando en las especies del PN-RB Montseny a la vez que los procesos de cambios de hábitat, esto supondría una moderación de la caída poblacional de las especies de hábitats abiertos y una moderación del incremento de las especies forestales, algo que podría ayudar a explicar en parte por qué el indicador forestal no muestra un incremento a lo largo del período de estudio. De todas maneras, esta posible explicación de la estabilidad del indicador forestal merecería sin duda un estudio más profundo, ya que la gestión forestal que se realiza en los bosques del parque es intensa. Cabe tener en cuenta que el 85% del territorio del PN-RB Montseny es de titularidad privada y que casi la mitad de la superficie de todo el parque tiene un Plan Técnico de Gestión Forestal para la explotación del bosque. Por tanto, la gestión forestal podría ser la principal modelador del incremento de la masa vegetal por abandono de las zonas abiertas.

## Seguimiento ecológico y gestión de territorio

La legislación ambiental establece la obligatoriedad de conservar el patrimonio natural de los espacios naturales protegidos y, por tanto, el objetivo principal de la gestión de un parque natural debe ser la protección y mejora de la biodiversidad. Esta gestión es compleja, en especial cuando existe una ancestral interacción entre el ser humano y la naturaleza. La red LTER (*Long Term Ecological Research*) hace especial hincapié en la necesidad de información objetiva y actualizada para dar respuesta a cuestiones de sostenibilidad, compatibilidad y prioridad de actuación. Disponer de información implica la realización de programas de investigación y seguimiento periódicos, para conocer lo que hay y determinar su evolución temporal. De hecho, los programas de seguimiento eficientes (aquellos que como los de las aves se puedan llevar cabo con recursos limitados) representan la base de la gestión adaptativa, ya que permiten no sólo establecer medidas de gestión y evaluar su eficacia sino también redirigir las actuaciones para conseguir los objetivos de conservación marcados (Lyons et al. 2008).

El programa de seguimiento SOCC ha suministrado una información fundamental en la planificación y gestión del PN-RB Montseny. Un ejemplo de ello ha sido en la redacción de su Plan de Conservación (Guinart et al. 2004), donde se han descrito el estado de conservación del patrimonio natural del Montseny y donde se proponen líneas de trabajo prioritario en el ámbito de la investigación, seguimiento, intervención, educación y divulgación. Una de estas líneas de trabajo es la recuperación de los espacios abiertos, en especial en las zonas culminales, donde se ubica gran parte de la flora y fauna de mayor interés de conservación de este espacio protegido.

Los resultados que se muestran en el presente estudio representan uno de los argumentos principales para llevar cabo actuaciones de mejora de los ambientes abiertos en el PN-RB Montseny. A partir de estudios previos en los que se muestra la necesidad de combinar diversas técnicas de eliminación de vegetación (e.g. Bartolomé et al. 2005), en estos últimos años se están desbrozando (manual y mecánicamente) y quemando de forma controlada áreas relativamente amplias (>90 ha en conjunto) de matorrales y zonas cubiertas de helechos y arbustos en las zonas más elevadas del parque. Todavía no existen resultados contrastados de los efectos de estas actuaciones, pero los equipos gestor y científico del PN-RB Montseny consideran que el seguimiento de la evolución de las poblaciones de aves va a ser una herramienta básica para valorar las intervenciones realizadas y poder evaluar su utilidad para la conservación de las poblaciones orníticas de espacios abiertos en el PN-RB Montseny.

La recuperación de estos pastizales requiere de una periódica gestión. Por ello se está promocionando la ganadería extensiva en estas zonas, con el objetivo de que los herbívoros domésticos mantengan los hábitats abiertos que se han recuperado por los medios antes citados y con ello, conseguir el objetivo final de mejorar el estado de conservación de las especies de fauna y flora que requieren esta tipología de hábitat.

## Agradecimientos

Los resultados que se muestran en este trabajo han sido posibles gracias a los voluntarios que realizan censos en el Parque Natural del Montseny en el marco del proyecto SOCC de la Generalitat de Cataluña y del Instituto Catalán de Ornitología, que la Diputación de Barcelona impulsa desde el 2002 en la red de espacios naturales que gestiona. Es de agradecer la implicación del equipo técnico del PN-RB Montseny en el proyecto de recuperación de espacios abiertos, el trabajo de seguimiento faunístico que realiza el equipo de guardas forestales y la implicación del personal de mantenimiento en las intervenciones que realizan en beneficio de la mejora de hábitats. Para este estudio en concreto se recibió también financiación parcial de los proyectos EU BON (308454; FP7-ENV-2012, *European Commission*) y TRUSTEE (RURAGRI ERA-NET 235175).

## Referencias

- Bartolomé, J., Plaixats, J., Fanlo, R., Boada, M. 2005. Conservation of isolated Atlantic heathlands in the Mediterranean region: effects of land-use changes in the Montseny biosphere reserve (Spain). *Biological Conservation* 122 (1): 81-88.
- Blondel, J., Aronson, J. 1999. *Biology and Wildlife of the Mediterranean Region*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- de Chazal, J., Rounsevell, M.D.A. 2009. Land-use and climate change within assessments of biodiversity change: A review. *Global Environmental Change* 19: 306-315.
- Clavero, M., Villero, D., Brotons, L. 2011. Climate Change or Land Use Dynamics: Do We Know What Climate Change Indicators Indicate? *PLoS ONE* 6(4): e18581.
- Debussche, M., Lepart, J., Dervieux, A. 1999. Mediterranean landscape changes: evidence from old postcards. *Global Ecology and Biogeography* 8: 3-15.
- Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T., Hazeu, G. 2010. Determining changes and flows in European landscapes 1990-2000 using CORINE land cover data. *Applied Geography* 30: 19-35.
- Guinart, D., Solórzano, S., Vicens, N. 2014. *Pla de Conservació del Parc Natural i Reserva de la Biosfera del Montseny*. Diputació de Barcelona i Girona. Disponible en: <http://parcs.diba.cat/web/montseny/pladeconservacio>.
- Gregory, R.D., van Strien, A., Voříšek, P., Gmelig Meyling, A.W., Noble, D.G., Foppen, R.P.B., Gibbons, D.W. 2005. Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 360: 269-288.
- Gregory, R.D., Willis, S.G., Jiguet, F., Voříšek, P., Klvaňová, A., van Strien, A.J., Huntley, B., Collingham, Y.C., Couvet, D., Green, R.E. 2009. An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations. *PLoS ONE* 4(3): e4678.
- Herrando, S., Anton, M. 2014. *Coordinació del projecte de Seguiment d'Ocells Comuns a Catalunya (SOCC) i elaboració d'indicadors ambientals basats en el seguiment d'ocells. Informe 2013*. Barcelona. Informe inédit descargable desde <http://mediambient.gencat.cat/>
- Herrando, S., Anton, M., Sardà-Palomera, F., Bota, G., Gregory, R.D., Brotons, L. 2014. Indicators of the impact of land use changes using large-scale bird surveys: land abandonment in a Mediterranean region. *Ecological Indicators* 45: 235-244.
- Lasanta-Martínez, T., Vicente-Serrano, S.M., Cuadrat-Prats, J.M. 2005. Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography* 25: 47-65.
- Lyons, J.E., Runge, M.C., Laskowski, H.P., Kendall, W.L. 2008. Monitoring in the Context of Structured Decision-Making and Adaptive Management. *Journal of Wildlife Management* 72 (8): 1683-1692.
- Pannekoek, J., van Strien, A.J. 2005. *TRIM 3 Manual (Trends and Indices for Monitoring data)*. Statistics Netherlands, Voorburg. Países Bajos.
- PECBMS 2013. *Population Trends of Common European Birds 2013*. Prague: CSO.
- Pereira, H.M., Ferrier, S., Walters, M., Geller, G.N., Jongman, R.H.G., Scholles, R.J., Bruford, M.W., Brummitt, N., Butchart, S.H.M., Cardoso, A.C., Coops, N.C., Dulloo, E., Faith, D.P., Freyhof, J., Gregory, R.D., Heip, C., Höft, R., Hurtt, G., Jetz, W., Karp, D.S., McGeoch, M.A., Obura, D., Onoda, Y., Pettorelli, N., Reyers, B., Sayre, R., Scharlemann, J.P.W., Stuart, S.N., Turak, E., Walpole, M., Wegmann, M. 2013. Essential Biodiversity Variables. *Science* 339: 277-278.
- Pinto-Correia, T., Vos, W. 2004. Multifunctionality in Mediterranean landscapes - past and future. En: Jongman, R. (ed.) *The New Dimensions of the European Landscape*. pp. 135-164. Springer, Wageningen. Países Bajos.
- Poschod, P., Bakker, J.P., Kahmen, S. 2005. Changing land use and its impact on biodiversity. *Basic and Applied Ecology* 6: 93-98.
- Preiss, E., Martin, J.L., Debussche, M. 1997. Rural depopulation and recent landscape changes in a Mediterranean region: consequences to the breeding avifauna. *Landscape Ecology* 12: 51-61.
- Ribas, J. 2014. Els ocells del Montseny. *Treballs del Museu de Ciències Naturals de Granollers* 6.
- Santos, K.C., Pino, J., Rodà, F., Guirado, M., Ribas, J. 2008. Beyond the reserves: the role of non-protected rural areas for avifauna conservation

- in the metropolitan area of Barcelona (NE of Spain). *Landscape and Urban Planning* 84: 140-151.
- SCBD 2014. *Global Biodiversity Outlook*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal. Canada, pp.4.155.
- Sirami, C., Brotons, L., Burfield, I., Fonderflick, J., Martin, J.L. 2008. Is land abandonment having an impact on biodiversity? A meta-analytical approach to bird distribution changes in the north-western Mediterranean. *Biological Conservation* 141 (2): 450-459.
- van Strien, A.J., Soldaat, L.L., Gregory, R.D. 2012. Desirable mathematical properties of indicators for biodiversity change. *Ecological Indicators* 14: 202-208.
- Vicente, P., Pino, J. 2012. Canvisrecents (1956-2006) en les cobertes del sòl i fragmentació dels espais oberts al Parc Natural del Montseny. Documento inédito del PN-RB Montseny.
- Wiens, J.A. 1989. *The ecology of bird communities*. Cambridge University Press, Cambridge. Reino Unido.