



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-057

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

La variación de la riqueza de especies arbóreas en relación con los procesos de cambio en el paisaje en los montes españoles en la segunda mitad del siglo XX

FERNÁNDEZ ESTEBAN, A.¹, GARCÍA VIÑAS, J.I.¹, GONZÁLEZ-ÁVILA, S.¹ y GASTÓN GONZÁLEZ, A.¹

¹ ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural (UPM), Madrid.

Resumen

En España desde la segunda mitad del siglo XX se han venido produciendo un conjunto de cambios en el paisaje que tienen su influencia en diferentes aspectos de las masas arbóreas. Este efecto se puede analizar a diferentes escalas, entre ellas la de paisaje, de interés en la planificación y ordenación del territorio. El trabajo estudia la relación entre la variación de la superficie de bosque, matorral y repoblación forestal sobre la biodiversidad, centrada ésta en la riqueza de especies arbóreas. Las relaciones se analizan mediante modelos de regresión no lineales y lineales, enfrentando los cambios de los procesos obtenidos del proyecto SISPADES y de los cambios en la riqueza derivados de los datos de los tres primeros inventarios forestales en España. Globalmente los resultados del estudio sugieren en primer lugar que los cambios en la superficie de bosque y en la superficie de matorral en los últimos decenios son factores significativos, actuando el primero con una relación directa y el segundo inversa. Además se destaca el efecto del tamaño de la muestra en la evaluación de los cambios en la riqueza.

Palabras clave

Biodiversidad, bosques, procesos ecológicos, paisaje.

1. Introducción

Los bosques tienen una gran importancia para las sociedades porque contribuyen con múltiples productos y servicios fundamentales. Este hecho motiva la necesidad del diagnóstico de su estado. Uno de los factores empleados para este diagnóstico es la biodiversidad (Winter et al., 2008) que se puede realizar a diferentes escalas.

En otro orden de cosas es bien conocido que la vegetación arbórea de España, por diferentes causas, ha estado dominada desde la Prehistoria hasta principios del siglo XX por procesos que generaron extensos paisajes desarbolados o arbóreos con abundantes masas de deficiente condición, con una simplificación del estrato principal, frecuentemente a base de una sola, o a lo sumo, dos o tres especies (Ruiz de la Torre, 1990), esto es, con una riqueza mermada por los procesos de usos históricos.

Pero este sentido secular de evolución del paisaje cambia desde mediados del siglo XX por la concurrencia de nuevas tendencias tales como la disminución de los aprovechamientos de madera y leñas, el fomento de la superficie arbolada (Plan Nacional de Repoblaciones), la disminución de la presión ganadera, el abandono de abundantes superficies de cultivo.

Estos cambios han quedado registrados y cuantificados tanto a escala de paisaje través de la muestra de unidades representativas en el proyecto SISPARES (González-Ávila et al., 2009) como a escala de detalle con los sucesivos inventarios forestales.

2. Objetivo

En este contexto se consideró de interés realizar un estudio exploratorio sobre el efecto de principales procesos de cambio a escala de paisaje en la España Peninsular que operan sobre la riqueza de las especies arbóreas de nuestros bosques durante los últimos 50 años.

3. Material y métodos

Para la valoración de los procesos de cambios en el paisaje se ha partido de los datos proporcionados por el proyecto de Seguimiento de los Paisajes Rurales Españoles (SISPARES). Para la estimación de los cambios en la riqueza de especies arbóreas se han tomado como fuentes los tres primeros Inventarios Forestales Nacionales (en adelante IFN1, IFN2 e IFN3 respectivamente).

3.1. Cuantificación de la riqueza.

En relación a los datos de los Inventarios Forestales Nacionales se realizaron tres operaciones previas.

En primer lugar se procedió a la localización y selección de parcelas de inventario ubicadas dentro de las parcelas SISPARES. En este sentido las correspondientes al IFN2 e IFN3, se encuentran georreferenciadas y sus datos digitalizados. En cambio, para las del IFN1, con una distribución espacial distinta, sin georreferenciar y sin datos digitalizados (salvo algún territorio concreto), se recurrió a las fotografías aéreas originales sobre las que se encuentran situados los puntos y los números de parcelas (contactos de los Vuelos de 1956-1957 y de 1970 proporcionados por el Área de Inventario y Estadísticas Forestales de la Subdirección de Selvicultura y Política Forestal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). El procedimiento consistió en la observación las parcelas en fotografías, identificación de su ubicación en ortofotografía reciente del PNOA (<http://centrodedescargas.cnig.es/>) y asignación de coordenadas. Los datos necesarios de las parcelas del IFN1 se obtuvieron de los estadillos originales de campo facilitados igualmente por la mencionada Área de Inventario y Estadísticas Forestales. De los tres inventarios se seleccionaron todas las parcelas incluidas en las áreas de las parcelas SISPARES y las situadas en una zona buffer de 1 km a cada lado.

La segunda operación tuvo como objeto la uniformización de taxones, ya que la relación de los mismos en los tres Inventarios Forestales es diferente. Se desarrolló reduciendo los elencos del IFN2 y del IFN3 a la precisión del IFN1.

La tercera operación consistió en el cálculo de la *riqueza gamma*, como estimador de la biodiversidad (Magurran, 2004) para cada uno de los territorios delimitados por las parcelas SISPARES junto con su zona buffer. Para cada periodo de inventario forestal se estimó el número de taxones arbóreas presentes en cada parcela de paisaje. La diferencia de riqueza entre periodos (DR) se calculó como la variación del número de especies arbóreas para cada parcela de paisaje.

En definitiva se han calculado los valores correspondientes a las variables de tres periodos diferentes de la evolución de la cubierta vegetal:

- Periodo IFN1-IFN2 (IFN21). Representa los cambios tempranos (en la segunda mitad del siglo XX) durante un periodo temporal de longitud moderada.
- Periodo IFN2-IFN3 (IFN32). Representa los cambios tardíos (de finales del siglo XX a comienzos del XXI) durante un periodo de longitud moderada.
- Periodo IFN1-IFN3 (IFN31). Representa los cambios durante un periodo de longitud prolongado (de mediados del siglo XX hasta comienzos del XXI).

Con objeto de que la estimación de la riqueza gamma estuviera basada en un número suficiente de datos se seleccionaron únicamente aquellas parcelas SISPARES que incluían 4 o más parcelas de inventario.

Además se introdujo una variable de control, la diferencia del número de parcelas (DN) entre los diferentes IFN, ya que la intensidad de muestreo influye directamente en el valor de la riqueza de especies.

3.2. Caracterización de los procesos de cambio en el paisaje.

En relación con los procesos que operan sobre la biodiversidad a escala de paisaje, se consideraron como más relevantes, de acuerdo con Torras et al. (2008, 2009), las superficies de los distintos tipos de cubiertas vegetales. Así, tomando como representativas las parcelas SISPARES, se extrajeron de las mismas los datos primarios de porcentajes de superficie de Bosque, Matorral y Repoblación correspondientes con cuatro fechas: 1956, 1984, 1998 y 2008. Estos datos permitieron generar los valores de las variables de procesos de cambio a escala de paisaje que se indican a continuación:

- Diferencia de Bosque (DB): diferencia del porcentaje de superficie de Bosque en una parcela SISPARES entre años diferentes.
- Diferencia de Matorral (DM): diferencia del porcentaje de superficie de Matorral en una parcela SISPARES entre años diferentes.
- Diferencia de Repoblación (DP): diferencia del porcentaje de superficie Repoblada en una parcela SISPARES entre años diferentes.

En total se generaron 12 variables independientes correspondientes con la combinación de las tres clases de cubierta vegetal y los cuatro periodos temporales que se indican más adelante.

- o Análisis de la relación procesos de cambio-riqueza.

Para el análisis de la relación entre las variables de cambios y la riqueza, se tuvo en cuenta que la respuesta a los procesos puede detectarse o manifestarse de manera diferente en función de la escala temporal considerada. Por este motivo los análisis se llevaron a cabo para cinco escenarios diferentes (figura 1):

- Escenario 1. Enfrenta la diferencia de riqueza entre el IFN2 e IFN1 con el periodo del proyecto SISPARES 1956-1984.
- Escenario 2. Enfrenta la diferencia de riqueza entre el IFN3 e IFN2 con el periodo del proyecto SISPARES 1984-1998.

- Escenario 3. Enfrenta la diferencia de riqueza entre el IFN3 e IFN2 con el periodo del proyecto SISPARES 1984-2008.
- Escenario 4. Enfrenta la diferencia de riqueza entre el IFN3 e IFN1 con el periodo del proyecto SISPARES 1956-2008.
- Escenario 5. Enfrenta la diferencia de riqueza entre el IFN3 e IFN2 con el periodo del proyecto SISPARES 1956-1984.

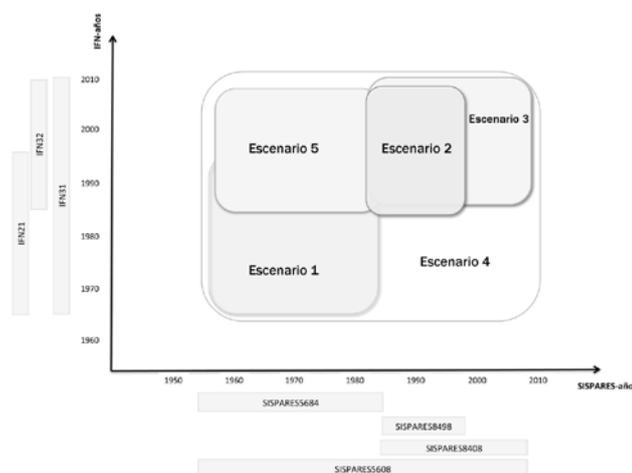


Figura 1. Esquema de los distintos escenarios temporales analizados entre los cambios en la riqueza de especies arbóreas y los y los procesos de cambio en el paisaje.

El otro aspecto considerado la forma de respuesta de la riqueza. En este sentido se consideró, en primer lugar, que la variación de la riqueza depende de la magnitud de las variables independientes y por tanto debe analizarse con un modelo no lineal (MNL). El MNL se realizó con ajuste de splines para simplificar y ajustar las curvas. No obstante, debido al reducido número de variables, se aplicó penalización y de esta forma evitar el sobreajuste. En caso contrario de no evidenciarse no linealidad se procedería a realizar un análisis mediante un modelo lineal (ML) y estudiar el peso de las variables independientes.

Combinando estos aspectos de forma de respuesta y escenarios temporales mencionados se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

4. Resultados y discusión

El número de parcelas SISPARES seleccionadas para el análisis fue de 55 (figura 2) mostrando una mayor representación en la mitad norte peninsular. El número de parcelas del IFN fue de 416 parcelas del IFN1, 697 del IFN2 y 759 del IFN3.

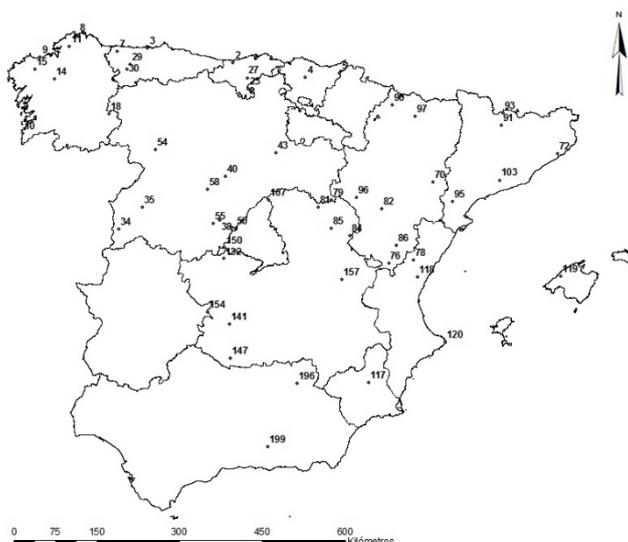


Figura 2. Mapa con 55 parcelas SISPARES seleccionadas en el estudio.

La riqueza de especies arbóreas (DR) presentó en todos los intervalos temporales una tendencia media al incremento (Tabla 1), si bien estos valores son moderados debido a la gama tan variada de situaciones que se recogen y también, en parte, al efecto reduccionista del elenco de especies al tomar como referencia la relación del IFN1.

Tabla 1. Resultados de la variable Diferencia de Riqueza, donde DR indica diferencia de riqueza de especies arbóreas y los números indicados a continuación los inventarios forestales.

Valores	DR21	DR32	DR31
Mínimo	- 6	- 5	- 7
1 ^{er} Cuartil	0	- 1	1
Mediana	1	0	2
Media	1,65	0,74	2,40
3 ^{er} Cuartil	3	2	4
Máximo	7	9	9

La superficie de Bosque (DB) mostró un incremento medio muy moderado en todos los periodos analizados. La superficie de Matorral (DM) en cambio presentó reducciones durante todos los periodos. La superficie de Repoblación (DP), a diferencia de las variables anteriormente expuestas, mostró tendencias diferentes según los periodos (especialmente de reducción entre 1984 y 2008) debida a la combinación de los diferentes ritmos de esta actividad y del paso con el tiempo de las repoblaciones a bosques. El comportamiento de estas tres variables resulto concordante con los resultados obtenidos por Montero y Serrada (2013).

4.1. Resultados de la aplicación del modelo no lineal.

No se detectaron evidencias de una respuesta no lineal de las variables independientes en ninguno de los cinco escenarios temporales considerados (figura 3). En la gran mayoría de los casos se muestra una relación prácticamente lineal entre la variación de la riqueza y las respectivas variables de los procesos de cambio. Este resultado puede deberse a que hay un conjunto amplio de factores que actúan a diferentes escalas y que hacen que el patrón del efecto a escala de paisaje no se identifique con el tamaño de muestra de parcelas considerado. En este último sentido cabe destacar que la variable de control diferencia del número de parcelas (DN) sí se mostró no lineal y de tendencia

positiva. Esto refuerza la importancia de la intensidad de muestreo (o bien de parcelas de mayor superficie) para estimar adecuadamente el comportamiento de la tendencia de la riqueza de especies.

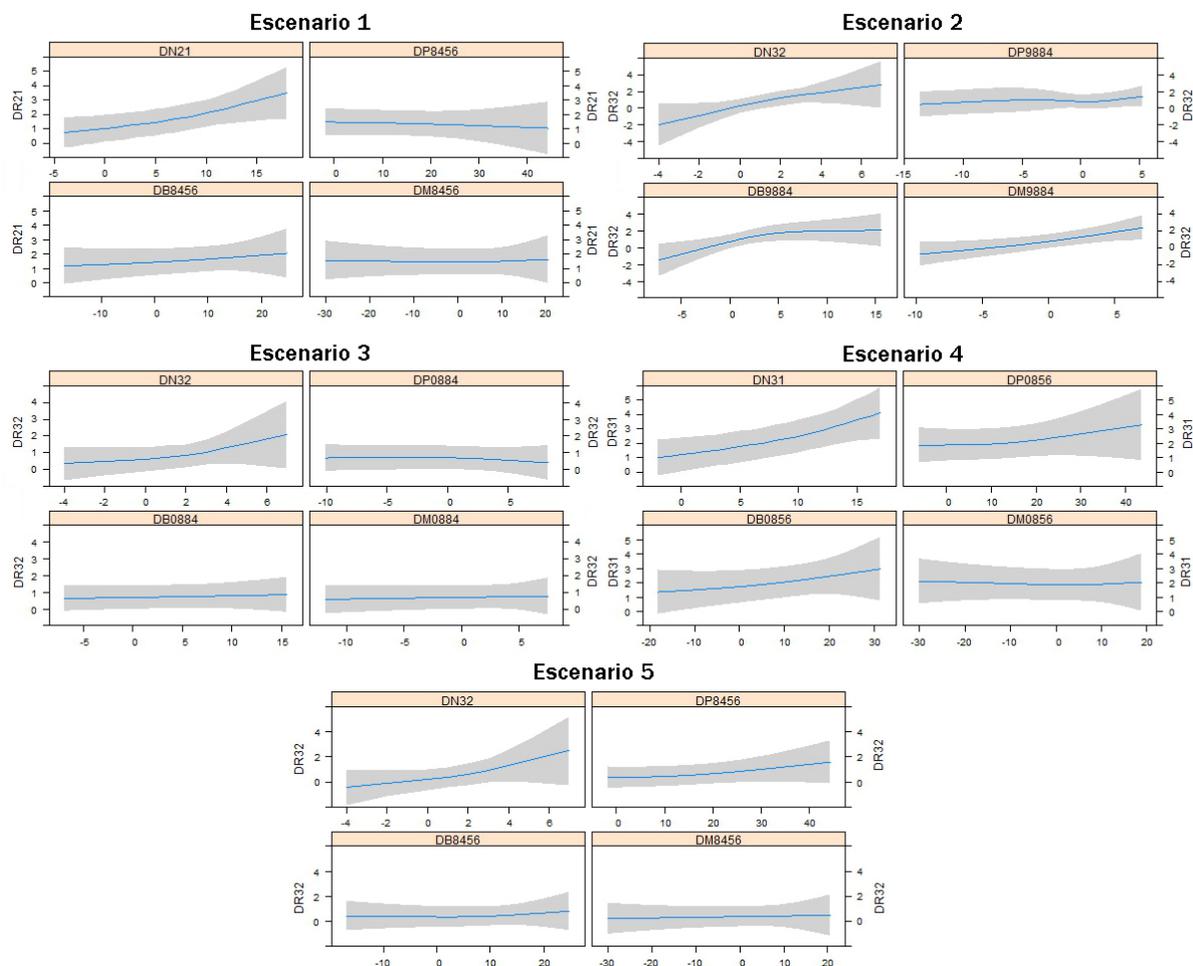


Figura 3. Resultados de la aplicación de los modelos no lineales a la relación de variables estudiada. DR es diferencia de riqueza con los números de los inventarios forestales considerados en cada caso, DN diferencia del número de parcelas de inventario considerados de los inventarios forestales; DB diferencia de superficie de bosque, DM diferencia de superficie de matorral, DP diferencia de superficie de repoblación con los números de los periodos SISPARES considerados

4.2. Resultados de la aplicación de modelos lineales.

Al no obtener evidencias de no linealidad en la respuesta de la riqueza se procedió al análisis de la influencia de los procesos de cambio mediante un modelo lineal para los escenarios considerados.

De los resultados obtenidos y considerando la escala de paisaje del estudio, se observa un peso modesto de las diferentes variables independientes (Tabla 2). Además se muestra una distinta significación según los escenarios temporales de acuerdo con los coeficientes de las respectivas rectas de regresión y sus respectivos p-valores.

En todos los casos el valor del término independiente de la regresión lineal, aunque sus p-valores se mostraron elevados y por lo tanto no significativos, sugiere que otros muchos factores operan en relación con la riqueza de especies arbóreas, especialmente a otras escalas.

Tabla 2. Coeficientes y P-valores del modelo lineal en los cinco escenarios estudiados. Los asteriscos significan los P-valores menores a 0,05. A mayor número de asteriscos más pequeño es el P-valor.

ESCENARIOS	1		2		3		4		5	
IFN	IFN2(1986-1996) - IFN1(1966-1975)		IFN3(1997-2007) - IFN2(1986-1996)		IFN3(1997-2007) - IFN2(1986-1996)		IFN3(1997-2007) - IFN1(1966-1975)		IFN3(1997-2007) - IFN2(1986-1996)	
SISPARES	PER1 (1956-1984)		PER2 (1984-1998)		PER3 (1984-2008)		PER4 (1956-2008)		PER1 (1956-1984)	
	Coeficiente	P-valor	Coeficiente	P-valor	Coeficiente	P-valor	Coeficiente	P-valor	Coeficiente	P-valor
Término independiente	0,707	0,149	0,255	0,478	0,330	0,346	0,253	0,683	-0,061	0,897
Diferencia de parcelas	0,195	0,0003***	0,417	0,0104*	0,385	0,0176*	0,259	7,81e-05***	0,422	0,014*
Diferencia de Bosque	0,023	0,586	0,124	0,0404*	0,122	0,0230*	0,046	0,249	0,019	0,623
Diferencia de Matorral	-0,010	0,773	0,128	0,051	0,123	0,0312*	-0,002	0,947	0,018	0,574
Diferencia de Repoblación	-0,017	0,638	0,083	0,106	0,076	0,134	0,042	0,294	0,042	0,228

La Diferencia en el Número de Parcelas (DN) en todos los escenarios temporales es el factor que presentó los valores más alto, siempre con un sentido positivo y sus p-valores significativos, lo que destaca la importancia de la intensidad de muestreo (o el tamaño de parcela) para la obtención de resultados fiables de cambios en la riqueza.

La Diferencia de superficie de Bosque (DB) mostró un peso modesto y desigual entre los diferentes escenarios temporales. Sólo en los periodos temporales próximos (Escenarios 2 y 3) que recogen los datos de inventarios más abundantes (IFN2 e IFN3) se presentaron p-valores significativos. En conjunto los resultados sugieren que con el aumento de la superficie de bosque a escala de paisaje se favorecen de manera indirecta las condiciones para la incorporación de nuevas especies. Esta dinámica se puede valorar de forma más robusta a medida de que se disponga de datos que recojan mejor la variabilidad espacial.

La Diferencia de superficie de Matorral (DM) mostró una influencia compleja. En el caso del Escenario 3 se puede considerar con p-valor significativo, si bien, con una interpretación flexible, también en el Escenario 2. Este factor se considera que para ser valorado de forma significativa necesita de un muestreo más intenso y quizá ser analizado con una escala temporal más detallada.

La variable Diferencia de superficie de Repoblación (DP) mostró pesos muy diferentes según los casos, generalmente positivos y de menor peso que las Diferencias de la superficie de Bosque y de Matorral. No obstante, en todos los casos de acuerdo con el p-valor, la variable resultó no significativa. Este resultado evidencia la demora del efecto de muchas de las repoblaciones con respecto de la riqueza de especies arbóreas y la dificultad para detectar este efecto con la intensidad de muestreo disponible, ya que su efecto positivo ha sido recogido en múltiples casos, como por ejemplo Oria et al. (1990).

5. Conclusiones

Los procesos que se desarrollan a escala de paisaje tienen un efecto en la riqueza de especies arbóreas de los bosques (diversidad gamma). De los diferentes procesos que se pueden analizar, las variaciones tanto de la superficie de bosque como de matorral evidencian las influencias más nítidas, con sentido positivo y un peso moderado, ya que son dos de los múltiples factores que influyen. Así, de acuerdo con la dinámica del paisaje de la España peninsular desde la segunda mitad del siglo XX, se observa en general un moderado aumento de la riqueza de especies arbóreas en el que ha influido positivamente el aumento de la superficie arbolada y el incremento de la superficie de matorral.

Los cambios en la riqueza a escala de paisaje tienen una respuesta compleja, difícil de captar, por lo que la robustez de estos estudios está condicionada por la intensidad de muestreo. En este sentido el factor número de parcelas de inventario ha resultado siempre significativo.

Debido a la complejidad de factores que influyen a distintas escalas en los cambios de la riqueza y la variada gama de medios que se han recogido, el patrón de respuesta temporal no se ha podido identificar. Una muestra mayor de datos de la evolución del paisaje puede contribuir a enfocar mejor la dinámica del proceso.

6. Agradecimientos

Agradecer a D. Roberto Vallejo Bombín el préstamo de las fotografías aéreas del Ministerio, necesarias para iniciar este trabajo, al igual que por toda la información proporcionada.

7. Bibliografía

GONZÁLEZ-ÁVILA, S.; ELENA-ROSSELLÓ, R.; 2009. SISPAES: cartografía nacional del patrón y cambio de los paisajes rurales españoles. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 29: 15-23.

MAGURRAN, A.; 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing. 215. Oxford.

ORIA DE RUEDA, J. A.; GARCÍA VIÑAS, J. I.; 1990. Causas y niveles de expansión del haya (*Fagus sylvatica* L.) en bosques y plantaciones de Coníferas. Botánica Pirenaico-Cantábrica. Instituto de Estudios Altoaragoneses y CSIC, 409-414.

RUIZ DE LA TORRE, J.; 1990. Distribución y características de las masas forestales española. Ecología Fuera de Serie N° 1 11-30.

TORRAS, O.; SAURA, S.; 2008. Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. *Forest Ecology and Management* 255 Vol. 8 3322-3330.

TORRAS, O.; MARTÍN-QUELLER E.; SAURA, S.; 2009. Relating landscape structure, environment and Management to biodiversity indicators estimated from forest inventory data in Catalonia (NE Spain). *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 18(3) 322-337

WINTER, S.; CHIRICI, G.; MCROBERTS, R.E.; HAUK, E.; 2008. Possibilities for harmonizing national forest inventory data for use in forest biodiversity assessments. *Forestry* Vol. 81 33-34.