



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-145

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Estructura forestal y diversidad de plantas leñosas en el sotobosque de dos montes de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* gestionados mediante dos tratamientos selvícolas diferentes

TÍSCAR, P.A.¹, y RUIZ, M.A.¹

¹ Centro de Capacitación y Experimentación Forestal. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.

Resumen

Se utilizan datos de 500 parcelas de inventario forestal, medidas en 1996, para comparar la diversidad estructural y de plantas leñosas del sotobosque en dos montes de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* gestionados desde 1944 mediante métodos selvícolas diferenciados: aclareos sucesivos y uniformes, y entresaca. Los dos montes estudiados se localizan en el interior del macizo montañoso Cazorla-Segura y presentan condiciones ambientales similares. La diversidad (estimada mediante el índice de Shannon) y la riqueza específica del sotobosque fueron significativamente mayores en el monte tratado mediante entresaca, aunque este monte presentó una diversidad estructural más baja. Así, la diversidad de diámetros en las parcelas (medida mediante el índice de Shannon) fue mayor en el monte gestionado mediante aclareos sucesivos y uniformes, y no hubo diferencias significativas entre las variables diversidad y riqueza de especies arbóreas (tests de Mann-Whitney). La diversidad de diámetros se correlacionó negativamente con la diversidad del sotobosque. Se exponen las limitaciones del índice de Shannon como variable para medir la diversidad estructural, y se comenta la preponderancia en el largo plazo que las condiciones ambientales y la autoecología de las especies arbóreas implicadas pueden tener sobre la aplicación de los métodos selvícolas planificados.

Palabras clave

Aclareo sucesivo y uniforme, entresaca, índice de Shannon, diversidad estructural

1. Introducción

Las plantas del sotobosque constituyen un componente principal de la biodiversidad vegetal en la región Mediterránea. Dentro del ecosistema forestal, realizan funciones importantes, tales como proteger el suelo de la erosión, proporcionar alimento y refugio a diferentes especies animales o facilitar la regeneración de algunas especies arbóreas (Tíscar, 2015b). Además, las plantas del sotobosque constituyen un componente principal de la biodiversidad forestal, que es necesario conservar en los bosques gestionados bajo el paradigma actual de la gestión forestal sostenible.

La diversidad de plantas del sotobosque está relacionada con la estructura del dosel forestal. Se ha comprobado que el desarrollo del estrato arbustivo en el interior de las masas arboladas depende frecuentemente del valor de variables estructurales, tales como la fracción de cubierta o el área basimétrica (Gracia, 2007; Coll et al., 2011). Esta relación entre las especies arbustivas del sotobosque y los árboles que conforman el dosel forestal surge, porque la cantidad de recursos disponibles para el desarrollo de las plantas del sotobosque está condicionada por las características estructurales del dosel. Así, las perturbaciones que afectan al dosel arbolado suelen alterar también las condiciones ambientales a nivel del suelo. Frecuentemente, incrementando de forma temporal la cantidad de luz, agua y nutrientes disponibles para las plantas arbustivas (Decocq et al. 2004).

Los tratamientos selvícolas de regeneración pueden verse como perturbaciones de origen antrópico, que se aplican sobre la masa arbolada para modificar intencionadamente las condiciones ambientales a nivel del suelo forestal. Su intención última es conseguir el establecimiento de

regenerados de la especie arbórea de interés, pero, por las razones ya expuestas, podemos esperar que su aplicación afecte a la diversidad de plantas del sotobosque. Puesto que los distintos tratamientos selvícolas difieren en la recurrencia e intensidad con que las cortas se aplican a cada lugar concreto, en este estudio se plantea la hipótesis de que la diversidad vegetal del sotobosque debería diferir entre montes con condiciones abióticas semejantes, pero tratados selvicolamente de forma diferente.

2. Objetivos

Conforme a la hipótesis planteada, el objetivo del estudio fue comparar la diversidad de plantas leñosas del sotobosque en dos montes de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* gestionados desde 1944 mediante métodos selvícolas diferenciados: aclareos sucesivos y uniformes, y entresaca.

3. Metodología

Lugar de estudio

El estudio se realizó en los montes Río Madera y Navahondona, pertenecientes ambos al macizo Cazorla-Segura (provincia de Jaén, sureste de España). Se trata de una región montañosa de relieve abrupto, los suelos predominantes son regosoles calcáreos, y el clima es de tipo mediterráneo con inviernos húmedos y fríos y veranos secos y calurosos. Río Madera ocupa 2 358 ha comprendidas entre los 1 100 y 1 502 m a.s.n.m dentro de la comarca Sierra de Segura (38° 15' N – 2° 37' O). La precipitación media anual es de 990 mm y la temperatura media anual de 10.64 °C (estación meteorológica 'Las Acebeas', serie 1 951-1 990). El monte Navahondona forma parte de la comarca Sierra de Cazorla. Dentro de este monte de gran extensión, seleccionamos como zona de estudio su sección 3ª (37° 54' N – 2° 53' O), que ocupa 2 581 hectáreas entre los 990 y 1649 m a.s.n.m. La precipitación media anual es de 1 192 mm y la temperatura media anual de 14.04 °C (estación meteorológica 'Fuente del Oso', serie 1 944-1 988).

El pino salgareño (*Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco) es la especie arbórea dominante en ambos montes. Por utilizarse la madera de esta especie en la construcción de vías ferroviarias, los aprovechamientos madereros de los dos montes se organizaron selvicolamente a finales del siglo XIX. El monte Río Madera mediante el método de aclareos sucesivos y uniformes, que debería dar lugar a bosques de estructura regular con un único estrato en el dosel forestal. El monte Navahondona se organizó en un principio igual que el monte Río Madera, pero se cambió al método de entresaca, que debería dar lugar a bosques multiestratificados de estructura irregular, a partir de 1944.

Adquisición de datos

Utilizamos datos de los inventarios realizados en los montes Río Madera y Navahondona el año 1 995. Los dos inventarios se realizaron mediante muestreo sistemático, con parcelas circulares concéntricas de 13 y 5 m de radio para inventariar respectivamente los pies mayores y la cobertura de matorral. Se consideraron pies mayores los árboles con un diámetro normal (diámetro a 1,30 m de altura sobre el suelo) ≥ 12.5 cm. La intensidad de muestreo fue diferente en cada monte. Así, el inventario de la sección 3ª de Navahondona incluyó 291 parcelas y el de Río Madera 943 parcelas, aunque la superficie de ambas zonas era comparable. De Navahondona, sólo utilizamos las parcelas comprendidas dentro del rango altitudinal 1 100-1 500 m a.s.n.m., 230 parcelas en total. Esta selección se realizó para minimizar las diferencias ambientales entre los sitios de estudio, salvo por el tipo de tratamiento selvícola aplicado. Seguidamente, seleccionamos al azar 230 parcelas del inventario de Río Madera con el objeto de trabajar con un tamaño de muestra equilibrado.

A continuación anotamos el diámetro normal y la especie de los pies mayores incluidos en cada parcela, y el porcentaje de cobertura de las especies de matorral. Con estos datos, describimos la estructura forestal de cada parcela mediante los atributos estructurales: diámetro máximo, mínimo y medio (cm), coeficiente de variación de los diámetros (%), densidad total (pies ha-1), área basal (m²

ha-1) y densidad de pies extramaduros (pies ha-1), referidas al total de árboles incluidos en la parcela, y la cobertura total de matorrales (%). Se clasificaron como extramaduros o árboles gruesos, los árboles con diámetro ≥ 50 cm. Además de representar el tamaño o diámetro de cortabilidad utilizado como criterio de corta para la realización de los aprovechamientos madereros en los montes de Cazorla-Segura durante la mayor parte del siglo XX (Tíscar et al. 2015), este diámetro constituye el umbral a partir del cual *Pinus nigra* comienza a desarrollar una arquitectura propia de los árboles veteranos (la fase de agregación en Tíscar 2015a).

También estimamos la diversidad estructural (H' dia) de cada parcela mediante el índice de Shannon. Para ello, utilizamos clases diamétricas de 10 cm de amplitud como “especies” y el área basimétrica aportada por cada clase como medida para calcular la abundancia proporcional, es decir, H' dia = $-\sum p_i \ln p_i$ donde p_i = área basimétrica aportada por la clase diamétrica i / área basimétrica total en la parcela. El índice de Shannon se utilizó igualmente para calcular la diversidad de árboles (H' arb = $-\sum p_i \ln p_i$ donde p_i = n° de individuos de la especie i / total de individuos en la parcela) y la diversidad de matorrales (H' mat = $-\sum p_i \ln p_i$ donde p_i = porcentaje de cobertura de la especie i / cobertura total en la parcela). Estos índices de diversidad se complementaron con otros dos indicadores de la biodiversidad: la riqueza de especies arbóreas (S_{arb}) y la riqueza de especies de matorral (S_{mat}).

Los datos se analizaron mediante análisis estadísticos no paramétricos, ya que las variables no se distribuían normalmente. La asociación entre los diferentes índices de diversidad y los atributos estructurales (13 variables en total) se analizó mediante el coeficiente de correlación de Spearman. El efecto del tipo de tratamiento selvícola sobre los atributos estructurales y los índices de diversidad se analizó mediante el test de Mann-Whitney. En ambos casos se utilizó el método de Bonferroni para ser conservador en la detección de diferencias significativas en las múltiples comparaciones de pares de medianas.

4. Resultados

Todas las parcelas estudiadas presentaron plantas de especies propias del matorral, aunque la variedad de especies presentes y el grado de cobertura fueron muy variables, oscilando entre 1-7 especies por parcela y un 1-100% de cobertura (Tabla 1).

Tabla 1. Media \pm desviación estándar y rango (entre paréntesis) de las variables estructurales y de diversidad estudiadas. Las diferencias entre montes se analizaron con el test de Mann-Whitney. *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$.

Variable	Monte Navahondona	Monte Río Madera	Z
<u>Estructura forestal</u>			
Diámetro medio (cm)	29,25 \pm 10,84 (13-111)	26,42 \pm 8,40 (14-61)	3,18*
Diámetro máximo (cm)	47,26 \pm 15,90 (13-111)	43,69 \pm 13,27 (14-95)	2,67
Diámetro mínimo (cm)	17,33 \pm 10,23 (13-111)	15,34 \pm 5,86 (13-52)	2,06
CV de diámetros	0,34 \pm 0,175 (0-0,86)	0,37 \pm 0,14 (0-0,96)	0,03
Densidad (pies ha ⁻¹)	275,1 \pm 234,4 (19-1696)	341,2 \pm 228,1 (19-1131)	-3,80**
Área basimétrica (m ² ha ⁻¹)	17,66 \pm 11,82 (0,25-58)	19,01 \pm 12,66 (0,43-67)	-0,94
Extramaduros (pies ha-1)	16,0 \pm 23,2 (0-94)	14,4 \pm 29,1 (0-170)	1,79

Cobertura sotobosque (%)	36,12 ± 21,86 (1-100)	47,76 ± 33,89 (1-100)	-3,31*
--------------------------	-----------------------	-----------------------	--------

Diversidad

Diversidad estructural (H'dia)	0,59 ± 0,19 (0-0,73)	1,00 ± 0,36 (0-1,6)	-13,56***
Diversidad de árboles (H'arb)	0,15 ± 0,21 (0-0,71)	0,19 ± 0,27 (0-1,1)	-1,21
Riqueza de árboles (Sar b)	1,59 ± 0,81 (1-6)	1,59 ± 0,69 (1-3)	-0,58
Diversidad de matorrales (H'sot)	0,82 ± 0,52 (0-1,7)	0,64 ± 0,40 (0-1,6)	4,84***
Riqueza de matorrales (Ssot)	2,84 ± 1,35 (1-7)	2,32 ± 0,95 (1-5)	3,82***

Los ejecutores de los inventarios no siempre identificaron los matorrales al nivel de especie y, frecuentemente, sólo anotaron el género correspondiente a cada planta leñosa presente en la parcela de inventario. Considerando esta limitación, los inventarios combinados de los dos montes estudiados sumaron un total de 16 taxones de matorral. *Buxus sempervirens* y *Thymus* sp. fueron los taxones más frecuentemente inventariados en términos de cobertura en ambos montes: Navahondona y Río Madera (Fig. 1).

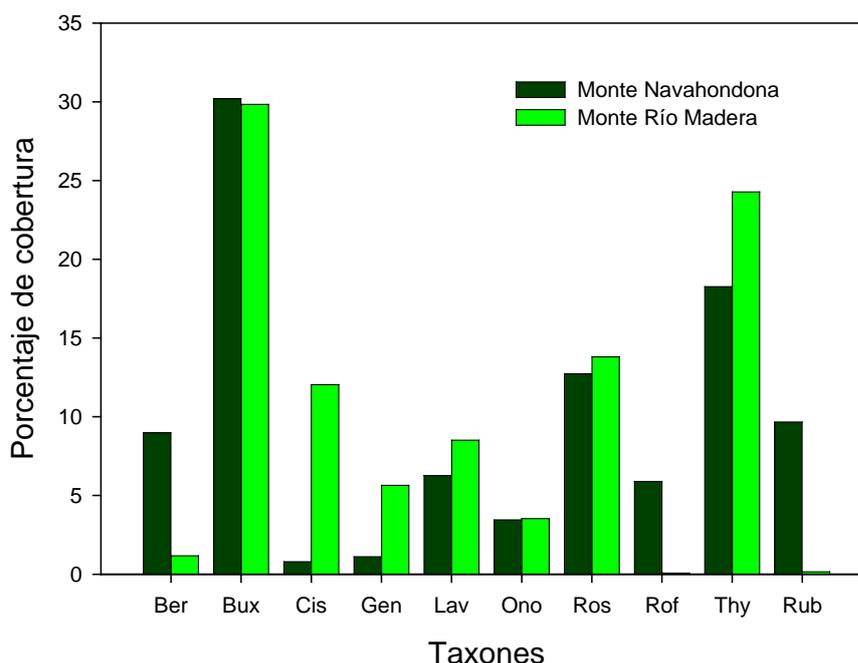


Figura 1. Porcentaje de cobertura de los taxones vegetales más frecuentes en los dos montes estudiados. Ber (*Berberis vulgaris*), Bux (*Buxus sempervirens*), Gen (*Genista* sp.), Cis (*Cistus* sp.), Lav (*Lavandula latifolia*), Ono (*Ononis aragonensis*), Ros (*Rosa* sp.), Rof (*Rosmarinus officinalis*), Thy (*Thymus* sp.), Rub (*Rubus ulmifolius*).

La diversidad y riqueza de matorrales fueron significativamente mayores en el monte Navahondona, tratado mediante el tratamiento selvícola de entresaca, que en el monte Río Madera,

tratado mediante el tratamiento de aclareos sucesivos y uniformes. Sin embargo, la diversidad estructural fue mayor en Río Madera y no hubo diferencias significativas entre las variables diversidad y riqueza de especies arbóreas (Tabla 1). Las variables diversidad y riqueza estuvieron positivamente relacionadas y, en particular, la diversidad y riqueza de especies arbóreas estuvieron fuertemente correlacionadas entre sí. Luego, las correlaciones más fuertes entre las variables de diversidad y los atributos estructurales se encontraron entre la diversidad y riqueza de especies arbóreas y el coeficiente de variación de diámetros y el diámetro mínimo (Tabla 2), pero ninguno de estos atributos estructurales difirió significativamente entre montes (Tabla 1).

Tabla 2. Correlaciones de Pearson entre las variables utilizadas. Dmed (diámetro medio), Dmáx (diámetro máximo), Dmín (diámetro mínimo), CV (coeficiente de variación de diámetros), Dens (densidad), AB (área basimétrica), Extr (densidad de pies extramaduros), Csot (cobertura del sotobosque), H'(dia) (diversidad estructural), H'(arb) (diversidad de árboles), S(arb) (riqueza de árboles), H'(sot) (diversidad del sotobosque), S(sot) (riqueza de matorrales)

	Dmed	Dmáx	Dmín	CV	Dens	AB	Extr	Csot	H'(dia)	H'(arb)	S(arb)	H'(sot)
Dmáx	0.743											
Dmín	0.544	0.149										
CV	0.152	0.585	-0.391									
Dens	-0.340	-0.044	-0.528	0.074								
AB	0.301	0.503	-0.163	0.215	0.709							
Extr	0.609	0.839	0.180	0.414	-0.096	0.417						
Csot	0.052	0.028	0.021	0.033	0.013	0.000	-0.037					
H'(dia)	-0.004	0.165	-0.255	0.251	0.373	0.345	0.084	0.154				
H'(arb)	-0.213	-0.002	-0.291	0.300	0.057	-0.079	-0.053	0.056	0.102			
S(arb)	-0.156	0.060	-0.300	0.342	0.102	0.000	-0.003	0.043	0.107	0.937		
H'(sot)	0.117	0.100	0.047	0.066	-0.105	-0.030	0.083	0.418	-0.135	-0.006	0.023	
S(sot)	0.085	0.033	0.037	0.059	-0.157	-0.085	-0.023	0.059	-0.150	-0.027	-0.022	0.258

5. Discusión

Aunque el monte Río madera presentó una mayor cobertura de sotobosque, la riqueza y diversidad de especies fue mayor en el monte Navahondona, aprovechado mediante el método de cortas por entresaca. Las cortas por entresaca son de tipo discontinuo (Serrada, 1994), es decir, distribuyen la corta maderera por toda la extensión del monte aprovechado. Esta forma de proceder genera, para un mismo volumen de corta, niveles de perturbación del dosel forestal menores para la entresaca que para las cortas por aclareo sucesivo y uniforme, que son cortas de tipo continuo. De esta forma, la existencia de una mayor diversidad de especies en el sotobosque del monte Navahondona sería congruente con la hipótesis de la perturbación intermedia. Esta hipótesis postula que la diversidad debería maximizarse en zonas con un nivel de perturbación intermedio (Roberts y Guillian 1995). Para el caso de los montes con aprovechamiento maderero, los tratamientos selvícolas de entresaca representan, en cuanto a la intensidad y frecuencia de las cortas, un nivel de

perturbación intermedio entre los aclareos sucesivos y uniformes y la no intervención por lo que suelen presentar una biodiversidad mayor (Torras y Saura, 2008).

Entre los mecanismos que explicarían esta diferencia, está el hecho de que las perturbaciones intensas y frecuentes del dosel forestal pueden eliminar a la larga las especies menos resistentes del sotobosque. Y, por otro lado, la circunstancia contraria de que las perturbaciones intensas y frecuentes pueden generar comunidades de arbustos poco diversas, dominadas por especies seriales pioneras (Decocq et al., 2004). En el caso de los montes estudiados aquí, es claro que en el monte Río Madera hubo un predominio de especies de las familias Cistáceas y Labiadas, que son características de los estadios más degradados de la sucesión vegetal.

Los resultados observados incitan a proponer la entresaca como tratamiento selvícola de elección en los montes de *Pinus nigra* donde el mantenimiento de la biodiversidad constituya el objetivo de gestión preponderante. Sin embargo, no debería descartarse la influencia de los factores abióticos en la conformación de las comunidades arbustivas de estos montes (Tíscar, 2015). Consecuentemente, al no haber incluido factores abióticos en el presente estudio, la recomendación de un tratamiento selvícola u otro con vistas a incrementar la diversidad de plantas bajo la cubierta arbolada no puede confirmarse.

La diversidad estructural se correlacionó negativamente con la riqueza y diversidad de especies vegetales. Aunque los coeficientes de Pearson indicaron una correlación débil a este respecto (Tabla 2), el resultado fue inesperado, ya que suele asumirse una correlación positiva entre la diversidad estructural de las especies arbóreas y la diversidad biológica del rodal (Tíscar et al., 2011). No obstante, el resultado observado no implica necesariamente una contradicción con lo anterior, pues la biodiversidad incluye a los distintos grupos de organismos y a la vegetación arbustiva solamente (Paillet et al., 2010).

Por otro lado, la utilización del índice de Shannon presenta varios inconvenientes a la hora de cuantificar la diversidad estructural. En primer lugar, el valor máximo del índice de Shannon se alcanza cuando las proporciones entre especies son iguales. Trabajando con clases diamétricas, esto significa que el rodal más diverso será aquel con un número de árboles igual en cada clase diamétrica. Pero una estructura forestal de este tipo no es natural ni deseable, pues los rodales vitales y dinámicos suelen presentar cantidades elevadas de regenerados. Este inconveniente puede suprirse expresando la proporción de especies en metros cuadrado de área basimétrica, tal y como se ha hecho en el presente estudio.

También ocurre que todas las especies pesan igual a la hora de calcular el índice de Shannon. Esto puede producir valores idénticos del índice de Shannon para rodales que, en realidad, son muy diferentes. Por ejemplo, un rodal con un 70% de pies gruesos y un 30% de pies delgados tendrá el mismo valor del índice de Shannon que otro rodal con un 30% de pies gruesos y un 70% de pies delgados, aunque el significado biológico de uno y otro sea muy diferente. La cantidad de árboles extramaduros puede complementar al índice de Shannon para superar esta última dificultad. En el estudio presente, el monte Navahondona presentó una cantidad de árboles extramaduros significativamente mayor que el monte Río Madera.

6. Conclusiones

7. Agradecimientos

La Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía facilitó acceso a los proyectos de ordenación de los montes Navahondona y Río Madera.

8. Bibliografía

COLL, L.; VARIOS MÁ; 2011. Predicting understory maximum shrubs cover using altitude and overstory basal area in different Mediterranean forests. *Eur J Forest Res* 130, 55-65

DECOCQ, G.; VARIOS MÁ; 2004. Plant diversity in a managed temperate deciduous forest: understory response to two silvicultural systems. *Journal of Applied Ecology* 41, 1065 – 1079

GRACIA, M.; MONTANÉ, F.; PIQUÉ, J.; RETANA, J.; 2007. Overstory structure and topographic gradients determining diversity and abundance of understory shrub species in temperate forests in central Pyrenees (NE Spain). *Forest Ecol Manag* 242, 392 – 397

PAILLET, Y.; VARIOS MÁ; 2010. Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology* 24, 101 - 112

SERRADA, R.; 1994. Apuntes de silvicultura. Servicio de publicaciones de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal de Madrid.

TÍSCAR, P.A.; 2015b. Patterns of shrub diversity and tree regeneration across topographic and stand-structural gradients in a Mediterranean forest. *Forest Systems* 24, 1 - 11

TÍSCAR, P.A.; LUCAS-BORJA, M.E.; CANDEL, D.; 2011. Changes in the structure and composition of two *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* forests over a century of different silvicultural treatments. *Forest Systems* 20, 525 – 535.

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