



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-178

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cuantificación de la madera muerta en los hayedos del Montseny (Girona).

SANITJAS, A.¹, BARRACHINA, M.¹, VICENS, N.¹, GARCIA, P.², MONLEON, V.J.³ y HERRERO, C.⁴

¹ Diputación de Girona. Servicio de Medio Ambiente. Parque Natural del Montseny. Girona, Catalunya.

² E2 Estudis. Ingeniería. C/ Canigó 2, Entresuelo 1º. 08500 Vic. Catalunya.

³ Resource Monitoring and Analysis Program. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 3200 Jefferson Way, Corvallis, OR97331, USA.

⁴ ECM Ingeniería Ambiental. C/ Curtidores, 17. 34003. Palencia, Spain.

Resumen

La madera muerta es un componente vital en los ecosistemas forestales al participar en procesos biogeoquímicos, ser hábitat de distintos organismos o formar parte activa del ciclo de energía y nutrientes en una masa forestal.

Se ha cuantificado la madera muerta en un hayedo de 175,70 ha del Parque Natural del Montseny. Muestreando árboles muertos en pie, caídos en el suelo y tocones en 48 parcelas y calculando el volumen, la masa y el carbono total y el correspondiente a cada uno de los estadios de descomposición encontrados. Los resultados mostraron que existe un volumen de madera muerta total de 4.16 m³ ha⁻¹, y 1,6 Mg ha⁻¹ y 0,8 MgC ha⁻¹ en términos de masa y carbono, respectivamente. Casi el 70% del volumen corresponde a los árboles caídos en el suelo (2.84 m³ ha⁻¹), un 28.8% a los árboles muertos en pie, y solo un 3% a los tocones. Por otra parte, el 79% del volumen perteneció a los estadios 1 y 2, mientras que menos del 20% fue encontrado en los estadios 3 y 4, siendo nula la cantidad perteneciente al estadio 5. Este trabajo se engloba en las actuaciones de estudio y caracterización del estado de conservación de hábitats forestales y bosques viejos del Montseny,

Palabras clave

Árboles muertos en pie, árboles caídos en el suelo, *Fagus sylvatica*, necromasa.

1. Introducción

La madera muerta es un componente de vital importancia en los ecosistemas forestales ya que forma parte de numerosos procesos biogeoquímicos y ecológicos. Constituye un hábitat único para diferentes grupos de organismos (hongos, briófitos, líquenes, invertebrados, vertebrados, etc) proporcionando un substrato, refugio y/o alimento (HARMON et al., 1986; ESSEN et al., 1992; SIITONEN, 2001). Por otra parte, forma parte activa del ciclo de energía y nutrientes y es parte fundamental en el almacenamiento a largo plazo de los mismos (HARMON et al., 1986) y por tanto, en la fijación de carbono. Muchos procesos ecosistémicos e hidrológicos requieren y se benefician de la presencia de madera muerta, como la regeneración de algunas especies forestales, la reducción de la erosión o el mantenimiento de la biodiversidad. Igualmente la madera muerta es un elemento clave para proveer el suelo de materia orgánica y elementos minerales indispensables para la sostenibilidad del bosque a largo plazo.

La madera muerta presenta infinidad de formas en los ecosistemas forestales. Según HARMON & SEXTON (1996), se puede clasificar en función del tamaño (madera muerta fina y gruesa) y en función de la posición (pies muertos en pie o árboles o troncos caídos en el suelo). La madera muerta fina son los restos forestales de diámetro comprendido entre 1 cm y 7,5 cm y la madera muerta gruesa, restos forestales de diámetro superior a 7,5 cm. Dentro de la madera muerta gruesa definimos *snag* o árbol muerto en pie como todo árbol muerto cuyo diámetro normal es mayor o igual de 7,5 cm que todavía

permanece en pie, y *log* o árbol caído en el suelo como todo árbol muerto cuyo diámetro es superior a 7,5 cm, su longitud superior a 1 m y descansa sobre el suelo o está suspendido por uno de sus extremos sin que el ángulo que forma con el suelo llegue a superar los 45° (HARMON & SEXTON, 1996). Por otra parte, cada árbol muerto en pie o caído en el suelo presenta un grado de descomposición que categoriza la pieza, desde que la corteza está intacta hasta que la madera es prácticamente serrín.

Existen diferentes métodos para inventariar la madera muerta. Probablemente, el método más utilizado para estimar el volumen de los árboles caídos en el suelo es el Line Intersect Sampling (LIS) (WARREN & OLSEN, 1964; VAN WAGNER, 1968). El LIS establece uno o varios transectos sobre la superficie a inventariar donde se muestrean los datos requeridos (diámetro, longitud, clase de descomposición) de todos aquellos árboles caídos en el suelo que intercepten en el transecto. Mediante este método, se calcula el volumen de madera muerta de forma insesgada. Sin embargo, para inventariar los árboles muertos en pie se necesita un inventario con parcelas de superficie determinada distribuidas a lo largo del área de muestreo.

Muchos estudios se han centrado en definir la dinámica de la madera muerta a lo largo del tiempo (McCOMB & OHMANN, 1996; MELLEEN & AGER, 2002), lo que ha permitido comprender el estado de decaimiento del árbol individual, su densidad, características dimensionales o distribución (CHRISTENSEN et al., 2005). Otros estudios han cuantificado los niveles de madera muerta en distintos tipos de ecosistemas en todo el mundo, sobre todo en numerosos ecosistemas de Norte América y en las zonas boreales (GREEN & PETERKEN 1997; LINDER et al., 1997; SIITONEN et al., 2000; KRANKINA et al., 2002; HARMON et al., 2008) y en Europa (CHRISTENSEN et al., 2005; ATICI et al., 2008; BRIN et al., 2008; HERRERO et al., 2010, 2016). Algunos de ellos, se han llevado a cabo en hayedos en zonas de reserva (CHRISTENSEN et al., 2005; MOUNTFORD, 2002; VON OHEIMB et al., 2007) y otros en hayedos de la región Mediterránea (LOMBARDI et al., 2008; MARAGE & LEMPERIERE, 2005; PIOVESAN et al., 2002). En general, en montes donde se realiza un uso intensivo del monte, la ausencia de la madera muerta ha estado íntimamente relacionada con la gestión forestal aplicada que, hasta hace pocos años, eliminaba este componente de los rodales, al considerarlo foco de riesgos como incendios, plagas y enfermedades. Hoy en día se considera fundamental dentro de la gestión integral de los ecosistemas forestales o del manejo multifuncional de las masas, por lo que se ha incrementado el interés por conocer su cuantía y dinámica.

Ante la inexistencia de datos de cuantificación de madera muerta en los hayedos del Montseny y considerando el alto interés del conocimiento de éstos, tanto para la planificación en la gestión forestal del monte como por la información que aportan en referencia al estado de madurez y de conservación de la masa, se ha realizado el inventario de madera muerta en el hayedo de Matagalls.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es cuantificar la cantidad y calidad de madera muerta en el hayedo de Matagalls del Parque Natural del Montseny, hayedo de 175,70 ha, situado dentro de una Zona de Reserva Natural delimitada en 2008 por el Plan Especial de protección del medio natural y del paisaje del Parque.

3. Metodología

Zona de estudio

El hayedo de Matagalls se encuentra en el monte conocido como “Muntanya de Matagalls”, en los términos municipales de Viladrau y El Brull, en la zona limítrofe entre las provincias de Girona y Barcelona. Este monte se caracteriza por presentar amplias superficies de fustal joven y latizal y superficies más reducidas de fustal maduro, todas ellas de estructura irregular o semi-irregular.

La zona de estudio se localiza en cotas que oscilan entre los 1000 y 1.700 metros de latitud s.n.m con calidades de estación medias, en un entorno con clima mediterráneo continental húmedo, caracterizado por la estacionalidad de las lluvias y con una precipitación anual media de 1.115 mm año⁻¹. El hayedo predominante en la reserva natural es el hayedo con heno común (*Luzulo-Fagetum* subass. *abietetosum* i subass. *veronico-galietosum*), pero en los lugares más húmedos aparecen formaciones de hayedo con eléboro verde (*Helleboro-Fagetum* subass. *Oxalido-galietosum odorati* i subass. *moehringietosum trinervi*) (NUET, 2016). Estos bosques contienen claros poblados con algunas especies de interés biogeográfico para el parque, como *Lycopodium selago*, *Sambucus racemosa*, *Lonicera nigra*, *Ribes alpinum* y *Saxifraga genesiana*. En cuanto a fauna saproxílica de interés cabe citar la presencia de taxones de interés comunitario como *Rosalia alpina* así como especialmente de *Osmoderma eremita*, aunque esta última probablemente se encuentra extinguida desde mediados del s. XX.

El hayedo de Matagalls es un monte protegido y poco accesible donde la mayoría de zonas no han estado gestionadas los últimos 60 años, a excepción de la zona norte, donde por su mayor accesibilidad se encuentran masas que han sido aprovechadas mediante cortas de entresaca pie a pie hasta los años 90. En todo el hayedo, desde antaño, se denota la costumbre de retirar la madera muerta del monte, posiblemente buscando un cierto aprovechamiento para leñas y con la falsa certeza de que la madera muerta es siempre un foco de plagas o enfermedades forestales,

Inventario

El inventario de árboles muertos en pie, árboles caídos en el suelo y tocones fue realizado en un total de 48 dispositivos de muestreo.

El inventario se ha realizado en 175,70 ha en rodales de fustal maduro, fustal joven y latizal. Los rodales de fustal maduro se caracterizan por presentar densidades que oscilan entre los 800 y 900 pies ha⁻¹, un área basimétrica media de 33,56 m² ha⁻¹ y un volumen promedio de 258,12 m³ ha⁻¹. Los rodales de latizal y fustal joven se caracterizan por poseer densidades que oscilan entre los 900 y 1.100 pies ha⁻¹, un área basimétrica media de 23,75 m² ha⁻¹ y un volumen promedio de 160,10 m³ ha⁻¹.

El dispositivo de muestro, compuesto de un transecto de 100 metros lineales de longitud y una parcela de 10 metros de radio (Figura 1), fue aleatoriamente distribuido en gabinete, intentando representar todas las orientaciones.

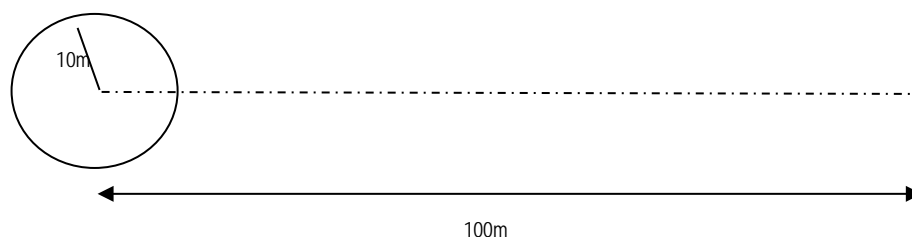


Figura 1. Dispositivo de muestreo: 100 metros de transecto para el muestreo de la madera gruesa caída en el suelo y una parcela de 10m de radio para el inventario de los árboles muertos en pie.

El inventario de los árboles caídos en el suelo se realizó sobre el transecto de 100 metros lineales y consistió en el inventario de todos los fragmentos de madera muerta o árboles caídos en el suelo cuyo diámetro en el punto de intersección fuera superior a 7,5 cm (madera gruesa). En cada uno de los árboles caídos en el suelo interceptados se midió la distancia al origen, diámetro en el punto de intersección, clase de descomposición y signos visuales de presencia de fauna. El inventario de los

árboles muertos en pie y de los tocones, fue realizado mediante una parcela circular de 10 metros de radio, eligiendo como centro la misma el inicio de cada transecto. De los árboles muertos en pie y de los tocones encontrados, se midió el diámetro a la altura del pecho, la altura, la clase de descomposición y los signos visuales de fauna. Las clases de descomposición consideradas se codificaron de acuerdo con SOLLINGS (1982) en cinco estadios de descomposición, desde madera muerta con corteza todavía intacta hasta madera prácticamente reducida a serrín.

Una vez obtenidos los datos de los árboles muertos en pie, de los caídos en el suelo y de los tocones, se calculó el volumen total por hectárea para cada uno de los componentes de materia muerta y para cada estadio de descomposición. Para el volumen de los árboles caídos en el suelo, se aplicó la fórmula [Eq. 1] utilizada por WARREN & OLSEN (1964) o VAN WAGNER (1968), dependiente del diámetro en el punto de intersección y de la longitud del transecto inventariado:

$$V_i = \left(\pi^2 \sum d_i \right) / 8L \quad [\text{Eq. 1}]$$

donde V: volumen de los árboles caídos en el suelo ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), d: diámetro de cada árbol caído en el suelo (cm), L: longitud del transecto (m), que en nuestro caso fue de 100 m.

Para el cálculo del volumen por hectárea de los árboles muertos en pie y de los tocones, calculamos el sumatorio del volumen unitario de cada árbol o tocón encontrado, obtenido a través de la fórmula de Huber [Eq. 2] (PARDÉ & BOUCHON, 1994), y lo referenciamos a la superficie de la parcela de 10 metros:

$$V_i = A_m l \quad [\text{Eq. 2}]$$

donde V_i es el volumen unitario del árbol muerto en pie (m^3), A_m es el área en el punto medio del árbol y l su longitud (m)

Los datos de volumen fueron convertidos a medidas de masa mediante a la densidad específica de cada estadio de descomposición (dcl: $0,541 \text{ g cm}^{-3}$, dclI: $0,348 \text{ g cm}^{-3}$, dclII: $0,251 \text{ g cm}^{-3}$, dclIV: $0,176 \text{ g cm}^{-3}$, dcV: $0,147 \text{ g cm}^{-3}$) (MARTIARENA et al., 2007).

4. Resultados

Los resultados muestran un volumen medio de madera muerta de $4,16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, y en términos de masa y carbono de $1,60 \text{ Mg ha}^{-1}$ y $0,80 \text{ MgC ha}^{-1}$. La mayor cantidad de madera muerta se encuentra en los árboles caídos en el suelo (Figura 2), seguido de los árboles muertos en pie y los tocones.



Figura 2. Distribución del volumen de madera muerta por componentes.

Si atendemos a la distribución de madera muerta por estadio de descomposición podemos ver cómo la mayor parte (casi el 80%) se encuentran en los primeros estadios de descomposición (Tabla 1), debiéndose fundamentalmente a los árboles caídos en el suelo y a los árboles muertos en pie. Destaca que la masa de los dos estadios de descomposición iniciales, 1 y 2, es muy similar (Figura 3).

Tabla 1. Volumen por estadio de descomposición y componente de madera muerta

Volumen (m ³ ha ⁻¹)	Clase de descomposición				
	1	2	3	4	5
Árboles caídos en el suelo	0.86	1.16	0.57	0.26	0.00
Árboles muertos en pie	0.44	0.74	0.01	0.00	0.00
Tocones	0.04	0.06	0.00	0.02	0.00
TOTAL	1,34	1,96	0,58	0,28	0

Destaca que la masa de los dos estadios de descomposición iniciales, 1 y 2, es muy similar (Figura 3). Por otra parte, en la Figura 3 también se muestra que los estadios 3 y 4 suponen solo el 20% de la masa total, siendo el estadio de descomposición 5 inexistente en este monte.



Figura 3. Masa de madera muerta por estadio de descomposición

En términos totales del monte objeto de estudio, el volumen de madera viva se determina en 229,48 m³ ha⁻¹, obteniendo un ratio de madera muerta entre el volumen de madera muerta y el volumen de madera viva de 0,02, ratio que nos informa de la productividad de la masa para producir madera muerta.

5. Discusión

En este trabajo se ha determinado la cantidad de madera muerta que existe en un hayedo de 175,70 ha del Parque Natural del Montseny ubicado dentro de una Zona de Reserva.

El conocimiento de la cantidad de madera muerta es de interés para la planificación de la gestión del monte ya que la cuantificación y categorización de la madera muerta existente aporta información referente al estado de madurez de la masa y del estado de conservación de la misma. Para el mantenimiento de la biodiversidad se intenta que exista una distribución homogénea del volumen de madera muerta perteneciente a distintos estados de descomposición. Estos resultados nos permiten dirigir la planificación forestal del monte, con objetivos de conservación y mejora de la biodiversidad, utilizando los datos obtenidos como parámetro de decisión, para poder establecer unas determinadas actuaciones en el arbolado o dejar el rodal a libre evolución.

Los resultados de este trabajo proporcionan una descripción del estado actual del hayedo de Matagalls (foto fija), resultado de la gestión forestal realizada hasta ahora y punto de inicio para nuevos modelos de gestión o libre evolución. Estos datos permiten tener una referencia de la abundancia y dinámica espacial y temporal de este recurso dentro de un rodal y poder comparar con otros rodales tanto en el tiempo como en el espacio.

Este trabajo surge en un contexto general de caminar hacia una gestión más integral de los ecosistemas forestales, valorando la multifuncionalidad ecológica de la madera muerta en los bosques y, aumentando el interés por mantener unos niveles adecuados de madera muerta en las masas forestales. Así, los resultados revelan que la cantidad de madera muerta es de 4,16 m³ ha⁻¹.

Estos valores son inferiores a los encontrados en hayedos situados en zonas de reservas. Así, los valores medios encontrados por CHRISTENSEN et al. (2005) fueron de $130 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, teniendo un rango de 0 a $550 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Otro estudio llevado a cabo en la reserva francesa de La Massane, muy próxima a la zona de estudio, mostró valores de $33 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en 1998. Por su parte, LOMBARDI et al. (2008), en zonas de reserva en Italia, muestra un valor $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, cuyo rango oscila entre 2 y $143 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, y VANDEKERKHOVE et al. (2009) un valor de $53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (rango desde 6 a $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Incluso, cantidades de madera muerta superiores a $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ han sido encontrados MOUNTFORD (2002) en Francia, por ODOR & STANDOVAR (2003) en Hungría o por VACEK et al., (2015) en república checa.

Las cantidades de madera muerta encontradas en montes gestionadas son inferiores y más similares a los encontrados en este trabajo. Así, HERNANDO et al., (2013) muestra valores de $5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en hayedos del Este de España. Por su parte, BILEK et al., (2011) encuentra valores inferiores a $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, PALETTO et al., (2012) valores comprendidos entre 8.8 y $47.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y HERRERO et al., (2016) en Aralar (Navarra) valores medios de $24.43 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. En este último estudio, se analizó la cantidad de madera muerta en función del tipo de masa (estado de desarrollo y por tanto, de la selvicultura aplicada) y estos valores variaron $17.14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en rodales en regeneración hasta $34.09 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en rodales maduros, mostrando que la evolución natural de un rodal en términos de madera muerta no tiene por qué seguir el patrón de "U" definida en la literatura científica, sino que depende de forma extraordinaria de la selvicultura aplicada.

Nuestros resultados se suman a la lista de valores de referencia que existen en bosques centroeuropeos en el ámbito geográfico mediterráneo. El tipo de gestión que se realiza influye notablemente en la calidad y distribución de madera muerta en los bosques, por lo que las estrategias silvícolas que se realicen mantendrán o aumentarán el volumen de madera muerta existente. En este sentido, en el parque Natural del Montseny se han realizado distintas actuaciones para potenciar la existencia de madera muerta. Así, en hayedos del mismo monte de Matagalls, pero fuera de las zonas de muestreo de este trabajo de cuantificación, se ha creado madera muerta de forma artificial con el objetivo de llegar a un valor más acorde con los estándares óptimos para un buen estado ecológico del monte y a su vez, de sensibilización a la población sobre la importancia de la madera muerta. Así pues, con carácter de prueba piloto, en un total de 25 ha de hayedo se han anillado 2 pies ha^{-1} y se han cortado y dejado en el suelo 2 pies ha^{-1} de distintas clases diamétricas. Este tipo de acciones se han hecho ya en otros ecosistemas (KEETON & FRANKLIN, 2005). Con respecto al valor óptimo, existen en la literatura algunos valores de referencia, como los expuestos por AMMER (1991); ANGELSTAM et al. (2003); BMLFW (2007); MÜLLER et al. (2005); SIITONEN (2001). Nuestra experiencia nos permitirá evaluar el efecto positivo en las comunidades forestales, fortaleciendo la estructura de las redes tróficas, sin olvidar el equilibrio que debe existir entre el riesgo por incendios, plagas y enfermedades. También nos permitirá comprobar si los valores normalmente manejados por los gestores, que varían entre 5 y 10 árboles muertos en pie a preservar por hectárea (HUNTER, 1990), o los facilitados por algunas comunidades autónomas como Navarra (GOBIERNO DE NAVARRA, 1998) o Castilla y León (JUNTA DE CASTILLA y LEÓN, 1999), que establecen en los Pliegos de Condiciones Técnicas Generales de Ordenación de Montes, que se considere como mínimo, una superficie de reserva integral del 5% y, en las cortas finales, al menos se deben respetar 5 pies por hectárea, son suficientes para lograr el objetivo de conservación de biodiversidad.

La cantidad de madera muerta que nos encontramos en un rodal, en sus distintas expresiones, muerta en pie, caída en el suelo o tocón, puede aportar información sobre la producción del rodal (LOMBARDI et al., 2008). A su vez los valores obtenidos de volumen de madera muerta a nivel de rodal de gestión nos aportaran información sobre el estado de conservación de cada rodal y su grado de madurez, siendo la madera muerta un parámetro de referencia clave para determinar un modelo de gestión u otro.

Además, la distribución de madera muerta por estadio de desarrollo da un indicador de la variación temporal de la tala o mortalidad de árboles y por tanto, nos puede informar sobre la historia del rodal (ROUVINEN et al., 2005). El valor de la masa en función del estadio de descomposición resulta de vital importancia en la cuantificación de carbono almacenado en este componente del ecosistema. La masa es la que va transformándose a lo largo del tiempo mediante el proceso de descomposición, por lo que es responsable de la cantidad de carbono que va pasando a la materia orgánica del suelo, completando el ciclo biogeoquímico. Debido a que la mayor parte de la madera muerta se encuentra en los primeros estadios de descomposición no encontramos largos procesos de descomposición.

El ratio obteniendo de madera muerta entre el volumen de madera muerta y el volumen de madera viva es de 2%, siendo muy inferior a valores observados del 13% al 37% (CHRISTENSEN et al., 2005), 40% (LOMBARDI et al., 2008) o 75% (VANDEKERKHOVE et al., 2009). Si bien, estudios previos han mostrado que este ratio sólo se debe comparar en condiciones homogéneas de edad (HERRERO et al., 2013).

En el actual contexto de cambio climático, las perturbaciones pueden aumentar tanto en frecuencia como en severidad (IPCC, 2015), y por tanto generar dinámicas de una mayor recurrencia en la mortalidad de pies de árboles por decaimiento, estrés hídrico, plagas y enfermedades que puedan causar por tanto una mayor generación de madera muerta. La actuación forestal que pueda derivarse de estas perturbaciones tendría que tener en cuenta no solo los supuestos riesgos sino también las oportunidades en los aportes de madera en descomposición.

6. Conclusiones

En el hayedo de Matagalls la mayor cantidad de madera muerta se encuentra en los árboles caídos en el suelo, siendo muy inferior la existencia de madera muerta en pie y muy reducida la de los tocones. Destaca la escasa cantidad de madera muerta de grandes diámetros. Por otra parte, la mayor parte de la madera muerta se concentra en los dos estadios de descomposición iniciales.

Se estima que el escaso volumen de madera muerta es el resultado de la gestión forestal de antaño, especialmente de la costumbre ancestral de recoger la madera caída en el monte para leñas y de eliminar los árboles muertos en pie, hecho que conlleva plantear cambios en esta dinámica, haciendo hincapié en la importancia de mantener en el monte la madera muerta.

Con los datos obtenidos y comparándolos con distintos valores de referencia de masas con un alto grado de conservación, se estima necesario en la zona de estudio, potenciar la cantidad y la calidad de madera muerta en el monte. Se plantea a los gestores del monte por un lado, la libre evolución de los rodales de fustal maduro para que de manera natural, con el paso de los años, se genere madera muerta, y por el otro, la planificación de actuaciones que garanticen un aumento de madera muerta en los rodales de latizal y fustal joven, actuaciones como anillado de pies, respetar pies extra maderables en la realización de cortas, la no retirada de los árboles muertos en pie y caídos en el suelo o incluso, en determinados casos, dejar los restos de corta en el monte.

7. Agradecimientos

Al equipo técnico y guardas forestales del Parque Natural del Montseny y a la ayuda “Torres Quevedo” obtenida Programa Nacional de Incorporación de recursos humanos dependiente del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España [PTQ-12-05409].

8. Bibliografía

- ANGELSTAM, P.K.; BUTLER, R.; LAZDINIS, M.; MIKUSINSKI, G.; ROBERGE, J.M.; 2003. Habitat thresholds for focal species at multiple scales and forest biodiversity conservation—dead wood as an example. *Annales Zoologici Fennici* 40: 473–484
- AMMER, U.; 1991. Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzforschung für die forstliche Praxis. *ForstwCbl* 110: 149–157
- ATICI, E.; COLAK, A.H.; ROTHERHAM, I.D.; 2008. Coarse dead wood volume of managed oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Turkey. *Forest systems* 17 (3): 216–227
- BILEK, L.; REMES, J.; ZAHRADNIK, D.; 2011. Managed vs. unmanaged. structure of beech forest stands (*Fagus sylvatica* L.) after 50 years of development, Central Bohemia. *Forest Systems* 20(1): 122–138
- BMLFW, H.; 2007. Indikatoren, Ist-Grosen und Soll-Grosen-Vorschläge. Arbeitspapier, Stand 3. pp. 101.
- BRIN, A.; MEREDIEU, C.; PIOUS, D.; BRUSTEL, H.; JACTEL, H.; 2008. Changes in quantitative patterns of dead wood in maritime pine plantations over time. *For. Ecol. Manage.* 256: 913–921
- CHRISTENSEN, M.; HAHN, K.; MOUNTFORD, E. P.; STANDOVA, P.; ROZENBERGAR, S.; DIACI, J.; WIJDEVEN, S.; MEYER, P.; WINTER, S.; VRSKA, T.; 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *For Ecol. Manage.* 210, 267–282
- ESSEEN, P.A.; EHNSTRÖM, B.; ERICSON, L.; SJÖBERG, K.; 1992. Boreal forest-The focal habitats of Fennoscandinavia. En: HANSSON, L. (ed.): *Ecological principles of nature conservation: Applications in temperate and boreal environments.* 252–325. Elsevier Applied Science. London.
- GREEN, P.; PETERKEN, G.F.; 1997. Variation in the amount of dead wood in woodlands of the Lower Wye Valley, UK, in relation to the intensity of management. *For Ecol. Manage.* 98, 229–228
- GOBIERNO DE NAVARRA; 1998. Pliego de Condiciones Técnicas Generales de Ordenación de Montes en Navarra.
- HARMON, M.E.; FRANKLIN, J.F.; SWANSON, F.J.; SOLLINS, P.; GREGORY, S.V.; LATTIN, J.D.; ANDERSON, N.H.; CLINE, S.P.; AUMEN, N.G.; SEDELL, J.R.; LIENKAEMPER, G.W.; CROMACK, K. JR.; CUMMINS, K.W.; 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* 15, 133–302
- HARMON, M.; SEXTON, J.; 1996. Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems. Publication No. 20. U.S. LTER Network Office, University of Washington, Seattle, WA, 73 pp. Seattle.
- HARMON, M.E.; WOODALL, C.W.; FASTH, B.; SEXTON, J.; 2008. Woody detritus density and density reduction factors for tree species in the United States: a synthesis. Gen. Tech. Rep. NRS-GTR-29, USDA Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, Pennsylvania, USA, 65 pp. Pennsylvania.
- HERNANDO, A.; ROSARIO, R.; GARCÍA, A.; PÉREZ, A.; ARRECHEA, E.; 2013. La madera muerta como indicador del estado de conservación de los habitats de la red natura. VI Congreso Forestal Español. Gazeiz. 6cfe01-045.
- HERRERO, C.; PANDO, V.; BRAVO, F.; 2010. Modelling coarse woody debris in *Pinus* spp. plantations. A case study in Northern Spain. *Ann Forest Sci* 67: 708–716
- HERRERO, C.; KRANKINA, O.; MONLEON, V.J.; BRAVO, F.; 2013. Amount and Distribution of Coarse Woody Debris in Pine Ecosystems of Northwest Spain, Russia and the United States. *iForest* (early view): e1–e9
- HERRERO, C.; MONLEON, V.J.; GÓMEZ, N.; BRAVO, F.; 2016. Distribution of dead wood volume and mass in mediterranean *Fagus sylvatica* L. forests in Northern Iberian Peninsula. Implications for field sampling inventory. *Forest Systems*, 25 (3), e069–e081
- HUNTER, M. L. Jr.; 1990. *Wildlife, forest, and forestry: Principles for managing forests for biological diversity.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 370 pp. USA
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, 1999. Instrucciones Generales para la Ordenación de los Montes Arbolados en Castilla y León.
- KEETON, W.S.; FRANKLIN, J.F.; 2005. Do remnant old-growth trees accelerate rates of succession in mature Douglas-fir forests. *Ecol Monogr* 75: 103–118

- KRANKINA, O.N.; HARMON, M.E.; KUKUEV, Y.A.; TREYFELD, R.F.; KASHPOR, N.N.; KRESNOV, V.G.; SKUDIN, V.M.; PROTASOV, N.A.; YATSKOV, M.; SPYCHER, G.; POVAROV, E.D.; 2002. Coarse woody debris in forest regions of Russia. *Can. J. Forest Res.* 32: 768-778
- LINDER, P.; ELFVING, B.; ZACKRISSON, O.; 1997. Stand structure and successional trends in virgin boreal forest reserves in Sweden. *For Ecol. Manage.* 98, 17-33
- LOMBARDI, F.; LASSERRE, B.; TOGNETTI, R.; MARCHETTI, M.; 2008. Dead wood in relation to stand management and forest type in Central Apennines (Molise, Italy). *Ecosystems* 11: 882-894
- MARAGE, D.; LEMPERIERE, G.; 2005. The management of snags: A comparison in managed and unmanaged ancient forests of the Southern French Alps. *Ann Forest Sci* 62: 135-142
- MARTIARENA, A.; 2007. Caracterización de la madera muerta tumbada en hayedos del Pirineo Navarro. Proyecto Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Agrícola, Universidad Pública de Navarra. 121 pp. Pamplona.
- MCCOMB, W.C., OHMANN, J.L., 1996. Snag dynamics projections model (SDPM). USDA Forest Service, Pacific Northwest Region, Portland OR.
- MELLEN, K.; AGER, A.; 2002. A coarse wood dynamics model for the Western Cascades. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSWGTR-181.
- MOUNTFORD, E.P.; 2002. Fallen dead wood levels in the near-natural beech forest at La Tillaie reserve, Fontainebleau, France. *Forestry*, 75, 203-208.
- MÜLLER, J.; STRÄTZ, C.; HOTHORN, T.; 2005. Habitat factors for land snails in European beech forests with a special focus on coarse woody debris. *Eur J Forest Res* 124: 233-242
- NUET, J.; ROMO, À.M; SALVÀ, M. y SALVADOR, F; 2016. Les fagedes de Matagalls (Montseny, Catalunya). Descripció, fitodiversitat i caracterització fitosociològica. IX Trobada d'Estudiosos del Montseny. Barcelona.
- ODOR, P.; STANDOVAR, T.; 2003. Changes of physical and chemical properties of dead wood during decay (Hungary). The Nat Man Project, Working Report, 23: 29.
- PACHAURI, R.K. & MEYER L.A. (eds.): IPCC, 2014. Synthesis Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- PALETTO, A.; FERRETTI, F.; DE MEO, I.; CANTIANI, P.; FOCACCI, M.: 2012. Ecological and Environmental Role of Deadwood in Managed and Unmanaged Forests. In: Sustainable Forest Management - Current Research; Diez J (ed). pp 219-238.
- PARDÉ, J.; BOUCHON, J.; 1994. Dasometría. Paraninfo. 387 pp. Madrid.
- PIOVESAN, G.; DI FILIPPO, A.; ALESSANDRINI, A.; BIONDI, F.; SCHIRONI, B.; 2002 Structure, dynamics and dendroecology of a old-growth *Fagus* forest in the Apennines. *J. Veg. Sci.* 16, 13-28
- ROUVINEN, S.; RAUTIAINEN, A.; KOUKI, J.: 2005. A relation between historical forest use and current dead wood material in a boreal protected oldgrowth forest in Finland. *Silva Fenn* 39: 21-36.
- SIITONEN, J.; MARTIKAINEN, P.; PUNTTILA, P.; RAUH, J.; 2000. Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. *For. Ecol. Manage.* 128, 211-225
- SIITONEN, J.; 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecol Bull* 49: 11-42
- SOLLINS, P.; 1982. Input and decay of coarse woody debris in coniferous stands in western Oregon and Washington. *Can. J. For. Res.* 12, 18-28.
- VANDEKERKHOVE, K.; KEERSMAEKER, L.D.; MENKE, N.; MEYER, P.; VERSCHELDE, P.; 2009. When nature takes over from man: Dead wood accumulation in previously. *For. Ecol. Manage.* 258: 425-435
- VACEK, S.; VACEK, Z.; BÍLEK, L.; HEJCMANOVÁ, P.; ŠTÍCHA, V.; REMEŠ, J.; 2015. The dynamics and structure of dead wood in natural spruce-beech forest stand - a 40 year case study in the Krkonoše National Park. *Dendrobiology* 73: 21-32
- VAN WAGNER, C.E.; 1968. The line-intersect method in forest fuel sampling. *Forest Sci.* 14, 20-26.
- VON OHEIMB, G.; WESTPHAL, C.; HÄRDITZ, W.; 2007. Diversity and spatiotemporal dynamics of dead wood in a temperate near-natural beech forest (*Fagus sylvatica*). *Eur J Forest Res* 126: 359-370
- WARREN, W.G.; OLSEN, P.F.; 1964. A line-intersect technique for assessing logging waste. *Forest Sci.* 10, 267-276