



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-115

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Elaboración de modelos de peso de biomasa de jara (*Cistus laurifolius* L.) en matorrales de la provincia de Soria

BADOS, R.¹, ESTEBAN, L.S.¹ y TOLOSANA, E.²

¹ CEDER-CIEMAT. Centro de Desarrollo de Energías Renovables – Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas.

² Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen

Se han analizado los datos de peso verde y seco de matorral obtenidos de 235 parcelas de muestreo destructivo de 2 m de radio en cuatro zonas cubiertas de matorral de jara, también llamada estepa (*Cistus laurifolius* L.) sobre antiguos pastizales en la provincia de Soria, ubicados en Navalcaballo, Torretartajo, Acrijos y en el Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER) de Lubia, tomando datos tanto de peso, referido a la unidad de superficie, como de otros parámetros colectivos (altura media, altura máxima, fracción de cabida cubierta). Los mejores resultados se han obtenido para el peso seco por unidad de superficie a través de un modelo alométrico en el que la variable independiente seleccionada es el biovolumen (producto de la fracción de cabida cubierta estimada por la altura media), ajustado por regresión no lineal, con un R^2 ajustado de 75,1% y un error absoluto medio de 0,30 t MS/ha. También se han tomado datos de pesos de 132 plantas o matas de jara en tres de los cuatro matorrales citados anteriormente, junto con otros parámetros biométricos, para intentar ajustes de tablas de peso individuales, habiendo obtenido el mejor ajuste con un modelo alométrico obtenido por regresión no lineal del peso seco por planta/mata con el diámetro medio de la parte aérea y la altura de planta (R^2 ajustado = 80%, error absoluto medio 0,95 kg MS/planta).

Palabras clave

Tablas de peso, desbroce, uso energético, jara, ecuaciones

1. Introducción

En la Unión Europea, el objetivo principal establecido por la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo para el año 2020 es conseguir una cuota mínima del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía final, lo que equivale al 16% de energía primaria. Esta Directiva es parte del denominado Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático, que establece las bases para que la UE logre sus objetivos para 2020: un 20% de mejora de la eficiencia energética, una contribución de las energías renovables del 20% y una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del 20%. En España este objetivo global se recoge en el Plan de Energías Renovables (PER 2011-2020), que da respuesta, a su vez, al artículo 78 de la Ley 2/2011, de Economía Sostenible.

En la Unión Europea, la utilización energética de la biomasa está movilizando el sector forestal gracias al fuerte aumento de la demanda de pélets y astillas de madera para uso en centrales de producción eléctrica y co-combustión, pero fundamentalmente debido al aumento de las instalaciones de calefacción tanto individuales como colectivas.

La participación de la biomasa en el consumo total final de energía a nivel mundial en el año 2014 fue del 14%, siendo utilizada en un 90% para uso térmico (RENEWABLES GSR, 2016).

En la Unión Europea, el consumo de energía renovable respecto del consumo de energía primaria fue del 12,5% en 2014, y en España del 15,2% (EUROSTAT, 2014), siendo la participación de la biomasa en el consumo de energía primaria en la Unión Europea del 8,0% y en España del 5,8%.

A la vista de la gran demanda futura de biomasa que se prevé, existe un gran debate sobre el desarrollo sostenible de la bioenergía, y específicamente, sobre la competencia con otros usos de la biomasa, como alimentos, pienso, o productos para la industria de la madera y la fibra. Es necesario, por tanto, diversificar las fuentes de suministro de biomasa para la obtención de biocombustibles sólidos que puedan aminorar en el futuro la presión sobre materias primas como la madera. En España, casi 11 millones de hectáreas (40% del terreno forestal) y otras cerca de 7 millones de hectáreas en terreno no forestal (agrícola) están ocupadas por formaciones arbustivas de distinta densidad y composición florística (SAN MIGUEL et al, 2004). La existencia de una gran parte de estas masas vegetales tiene un origen antrópico derivado del fuego reiterado, y/o del abandono de la ganadería extensiva, y son formaciones con un grado evolutivo muy bajo (SAN MIGUEL et al, 2004).

El éxodo rural, que comenzó en España en la segunda mitad del siglo XX, afecta de manera especial a la provincia de Soria, la menos poblada de nuestro país, con una densidad de 8,95 hab/km², una de las menores de la Unión Europea. El paulatino abandono de los sectores agrícola y ganadero implica la existencia de zonas de cultivo abandonadas y de pastizales sin carga ganadera, que se han venido poblando de matorral arbustivo, principalmente jaras y brezos. En concreto, los jarales de *Cistus laurifolius* L. ocupan en nuestro país una superficie total de 355.595,9 ha, correspondiendo a Soria 38.145,3 ha (PEREZ y ESTEBAN, 2008).

Según la Estrategia Española para el Desarrollo de la Biomasa Forestal (MAGRAMA, 2010), en España, la biomasa forestal residual potencialmente disponible se acerca a los 6,6 millones de toneladas anuales en verde (toneladas de materia húmeda al año (6,6 t MH/año)), de las cuales, 4,5 millones de t MH/año proceden de arbolado y 2,1 millones de t MH/año corresponden al matorral. Para la provincia de Soria, esta misma fuente asigna una biomasa forestal residual próxima a las 200.000 t MH/año, de las cuales, 188.000 t MH/año corresponden a arbolado y 12.000 t MH/año a matorral.

Algunas zonas, con escasa o moderada pendiente y pedregosidad, tienen una carga de matorral que puede ser recolectada de manera mecanizada para ser utilizada con fines energéticos, tal como se viene demostrando en el proyecto Life+ sobre Política y Gobernanza Medioambiental, titulado “Gestión sostenible de formaciones arbustivas para uso energético” (LIFE13 ENV/ES/000660), coordinado por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), en el que se enmarca este trabajo.

Para valorar las alternativas de gestión de los matorrales y definir, en su caso, el método de recolección para aprovechamiento energético, es necesario estimar la cantidad de biomasa existente y el papel que juegan estas formaciones vegetales en los ecosistemas forestales. Una correcta gestión forestal exige conocer las cantidades de carbono y otros elementos almacenados en cada una de las estructuras del bosque y estimar las cantidades que pueden ser fijadas o liberadas a la atmósfera como consecuencia de determinadas intervenciones selvícolas (MONTERO et al, 2013).

En España, los matorrales han sido objeto de estudio y estimación de su biomasa a través de ecuaciones alométricas que estiman la biomasa de una planta en función del diámetro en la base, la altura y el diámetro de la copa, como los modelos de predicción de fitomasa seca aérea en matorrales y arbustados de Andalucía Occidental (BLANCO Y NAVARRO, 2003; RUIZ-PEINADO et al, 2013;), las estimaciones en el sur de España (Cádiz) (NAVARRO Y BLANCO, 2006); en matorrales de *Cistus* en el Parque Natural de Monfragüe (PATÓN et al, 1997), etc. Por otro lado, se han elaborado métodos generales para cuantificar la biomasa de matorrales y su crecimiento anual a través de ecuaciones que estiman la biomasa por hectárea en función de variables fácilmente medibles en inventarios

normales, o que se pueden obtener del Inventario Forestal Nacional, cartografía temática, etc. (MONTERO et al, 2013); PASALODOS-TATO et al, 2015).

En este trabajo, se presenta una metodología para estimar la biomasa de matorrales de jara de la provincia de Soria a partir de parámetros fácilmente medibles, como es la altura media del matorral y la fracción de cuba cubierta, y se comparan los valores obtenidos con los modelos propuestos por MONTERO et al (2013) y por PASALODOS-TATO et al (2015) para estimar la biomasa en jarales y matorrales de cistáceas. Asimismo, se contrastan los resultados obtenidos con la carga de matorral estimada por la empresa TRAGSA tras los trabajos de desbroce y empacado de matorral con máquina BIOBALER, y el muestreo de mermas en tres de los pastizales objeto de estudio (CEDER - Lubia, Navalcaballo y Torretartajo) (TRAGSA, 2016). Paralelamente, se desarrolla una ecuación para la estimación de biomasa seca por planta o mata, a partir de los parámetros altura de planta o mata y diámetro de copas, y se comparan los resultados con los obtenidos con la ecuación desarrollada por PEREZ y ESTEBAN (2008) para matorrales de jara (*Cistus laurifolius* L.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es elaborar modelos de estimación de peso de la biomasa aérea de matorrales de jara (*Cistus laurifolius* L.) sobre cultivos o pastizales abandonados en la provincia de Soria.

3. Metodología

Con el fin de poder contrastar la validez de las ecuaciones para la estimación de biomasa, se realizó el muestreo en cuatro pastizales abandonados de la provincia de Soria ubicados en Navalcaballo, Torretartajo, Acrijos y Lubia, en los cuales estaba acordado con los propietarios del terreno la realización de los trabajos de desbroce y empacado de matorral con equipo BIOBALER WB55, con el fin de reducir el riesgo de incendios y recuperar la superficie cubierta de jara para aprovechamiento ganadero. Las cuatro zonas tienen en común la presencia de masas casi puras de jara (*Cistus laurifolius* L.) de una edad comprendida entre los 19 y los 35 años, según análisis dendrocronológico elaborado por Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, 2016), y ocupan terrenos de baja pendiente y escasa o nula pedregosidad, lo que permite una recolección mecanizada del matorral.

Se describen a continuación las metodologías de muestreo llevadas a cabo para ajustar tablas de peso individuales, expresado en kg de materia seca (kg MS) para cada planta o mata de jara (kg MS/planta), y por otro lado, para estimar la carga total de matorral (t MS/ha):

a) Muestreo individual de plantas o matas de jara

En tres zonas de matorrales de jara de la provincia de Soria (CEDER - Lubia, Navalcaballo y Torretartajo), se tomaron datos de peso en verde de 135 plantas o matas de jara individuales, con alturas comprendidas entre 0,2 y 2,4 metros, junto con otros parámetros biométricos, como son altura máxima de cada planta/mata, y diámetros perpendiculares de copa, para intentar ajustes de tablas de peso individuales. Para tener ejemplares representativos de todos los tamaños, se tomaron al menos 4 plantas/matatas de cada intervalo de 20 cm comprendidas entre 0,2 y 2,4 m de altura.

Para medir el peso se empleó un dinamómetro de 40 kg \pm 10 g de precisión, y para calcular el peso en seco, se tomaron tres muestras representativas de fracciones de jara de cada pastizal, con el fin de analizar su humedad en el momento del muestreo. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Caracterización de Biomasa del CEDER-CIEMAT mediante pérdida de masa de la muestra en estufa a 105 °C hasta alcanzar un valor constante. Por otro lado, se cortaron secciones representativas de la base del tallo de cada planta para conocer la edad media de los jarales.

Los valores medios obtenidos por planta fueron los siguientes: 5,71 kg MH/planta y 3,85 kg MS/planta, correspondientes a una planta con una altura media de 1,33 m y un diámetro medio de copa de 1,21 m.

b) Muestreo sistemático de parcelas para estimar la carga de matorral

En base a un muestreo piloto aleatorio llevado a cabo por la empresa AGRESTA en 2016 sobre 30 parcelas de 2 m de radio en los matorrales objeto de estudio, en el que se obtuvieron unos valores medios de 14,9 t MS/ha y una desviación típica de la media muestral de 6,7 t MS/ha, y fijando un error relativo máximo del 6%, se estableció el número de parcelas de muestreo a llevar a cabo en los matorrales estudiados, según la fórmula $n=4S^2/E^2$, en la que S es la desviación típica de la media muestral y E el error absoluto de la estimación, resultando un total de 235 parcelas de muestreo.

Sobre ortofotos de tres pastizales monoespecíficos de Soria (CEDER - Lubia, Navalcaballo y Acrijos), se delimitaron y midieron las superficies cubiertas de vegetación arbustiva de jara, resultando un total de 71 ha de matorral a muestrear. Para proceder al muestreo sistemático de esta superficie, se colocó una malla cuadrada de 55 m de lado, y se hicieron coincidir los nudos de la malla con los centros de las parcelas de muestreo.

Los puntos centrales de cada parcela de muestreo se identificaron con sus correspondientes letras y números correlativos, a la vez que se definieron sus coordenadas UTM (Datum WGS84).

Para localizar los puntos de muestreo sobre el terreno se empleó como herramienta la aplicación de móvil OruxMaps, introduciendo las coordenadas UTM de los nudos de la malla, y utilizando dicha aplicación como GPS para llegar a cada punto deseado (margen de error máximo 10 m).

En cada punto de muestreo se marcó con spray sobre el suelo una parcela circular de 2 m de radio. De cada parcela se obtuvieron los siguientes datos: fracción de cabida cubierta (%), determinación de las especies y porcentaje de cada una (estimación visual), altura máxima de matorral (m) y altura máxima (m) de la planta/mata más representativa de las existentes en cada parcela de muestreo, entendiendo como tal la planta cuyo tamaño y porte son los más descriptivos de la mayoría de las plantas existentes en cada parcela de muestreo. A esta altura se le ha definido como altura media de la parcela. Todas las plantas de la parcela se cortaron con motosierra o tijera a la altura más baja posible, y se pesaron en verde sobre el terreno. Asimismo se tomaron muestras de matorral (tronco, ramas y hojas) para medir la humedad de la vegetación en pie, y se cortaron secciones basales de plantas de jara representativas para contar los anillos de crecimiento y poder calcular la edad media de la masa de matorral.

En los tres pastizales se muestrearon un total de 235 parcelas de 2 m de radio, lo que supuso un total de 2953,1 m² sobre una superficie de 71 ha.

Para el análisis estadístico, se empleó el programa STATGRAPHIC Centurion XVI.II X64®.

4. Resultados

Tras analizar los datos de peso verde y seco de matorral obtenidos en las 235 parcelas de muestreo destructivo de 2 m de radio, los mejores resultados se obtuvieron, para el peso seco por unidad de superficie, a través de un modelo alométrico en el que la variable independiente seleccionada fue el biovolumen (producto de la fracción de cabida cubierta estimada por la altura media), ajustado por regresión no lineal, con un R² ajustado de 75,1% y un error absoluto medio de 0,30 t MS/ha (Figura 1). Este modelo es identificado en la Tabla 1 con el nombre del proyecto en el que se enmarca este trabajo “[1] ENERBIOSCRUB”.

$$W = e^{(-0,463631+0,7183 \cdot \ln(\text{biovolumen aparente}))}$$

W = peso seco del matorral (t MS/ha)

Biovolumen aparente = FCC (%) · Altura media del matorral (m)

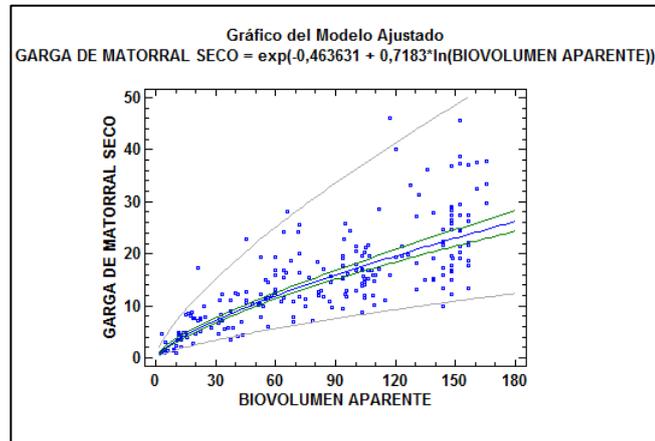


Figura 1: Gráfico del modelo ajustado de carga de matorral (t MS/ha)

Por otro lado, para desarrollar una ecuación de estimación de la biomasa seca por planta o mata de jara, se tomaron datos de pesos de 132 plantas o matas de estepa en tres matorrales de estudio en Soria (CEDER- Luvia, Navalcaballo y Torretartajo), junto con otros parámetros biométricos. El mejor ajuste se obtuvo con un modelo alométrico obtenido por regresión no lineal del peso seco por planta/mata con el diámetro medio de la parte aérea y la altura de planta (R^2 ajustado = 80%, error absoluto medio 0,95 kg MS/planta). Este modelo es identificado en la Tabla 2 con el nombre del proyecto en el que se enmarca este trabajo “[2] ENERBIOSCRUB”.

$$w = 1,5 \cdot (H^{0,9}) \cdot (D^{1,4}) \quad [2]$$

w = peso seco (kg MS/planta)

H = altura máxima de la planta (m)

D = valor medio de dos diámetros de copa perpendiculares de la planta (m)

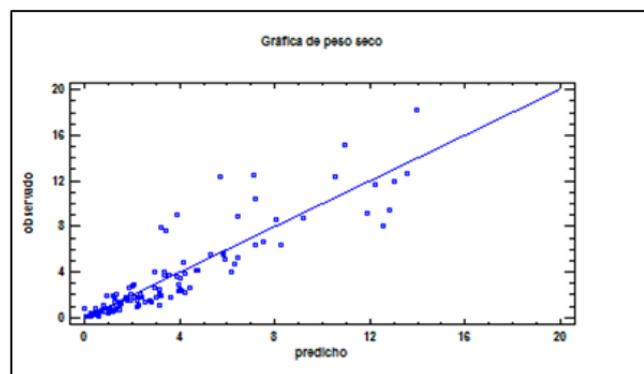


Figura 2: Gráfico del modelo ajustado de peso unitario (kg MS/planta)

5. Discusión

Para estimar la carga de matorral en los pastizales objeto de estudio mediante el modelo propuesto [1], se introdujo el valor del biovolumen (FCC por la altura media expresada en metros) de cada parcela muestreada, y se calculó el promedio de la carga de matorral, obteniéndose un valor de $14,7 \pm 0,9$ t MS/ha con un error de muestreo del 6,1%. El error relativo respecto al peso de matorral seco, obtenido como promedio del peso de las parcelas de muestreo destructivo evaluadas, fue del 8,5% (Tabla 1).

Los valores de altura media incorporados y de FCC en este modelo son acordes con los obtenidos en campo por el grupo de trabajo del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), mediante transectos de vegetación, de 25 metros de longitud cada uno, para el inventario de la vegetación existente en varias localidades de Soria, en el marco del proyecto ENERBIOSCRUB. En total se llevaron a cabo en esta provincia más de 25 transectos (INIA, 2016).

Asimismo, el valor obtenido con la ecuación seleccionada [1] ENERBIOSCRUB fue razonable y ligeramente superior (20,5%) a la estimación de matorral llevada a cabo por la empresa TRAGSA tras los trabajos de desbroce y empacado de matorral en los jarales de CEDER, Navalcaballo y Torretartajo. En este caso, la carga de matorral inicial estimada, cuyo promedio ponderado por superficie ascendió a 12,2 t MS/ha, fue calculada como suma de la biomasa seca recolectada con desbrozadora empacadora BIOBALER WB55, más las mermas durante los trabajos de desbroce y empacado (mermas por insuficiencia de desbroce y mermas por pérdida de material desbrozado pero no empacado) (TRAGSA, 2016).

Sin embargo, el valor estimado con el modelo [1] ENERBIOSCRUB difiere en mayor medida del peso de matorral calculado según el modelo propuesto por PASALODOS-TATO et al (2015) para los jarales y matorrales de *Cistaceae* en Andalucía, en el que aplicando los valores medios de altura de matorral y FCC de las parcelas muestreadas en los pastizales de Soria, resulta un valor de $20,0 \pm 1,6$ t MS/ha y un error de muestreo de 8,0 %. De manera similar, aplicando el modelo de MONTERO et al (2013), se obtuvo una carga de matorral de $19,4 \pm 1,3$ t MS/ha y un error de muestreo de 6,6%. Los resultados obtenidos con ambos modelos, presentaron un error relativo del 24,3% y 21,0% respectivamente, en relación al promedio de los valores obtenidos en las parcelas de muestreo sistemático destructivo llevados a cabo en Soria (Tabla 1).

Por otro lado, los valores obtenidos aplicado el modelo [1] ENERBIOSCRUB, son muy superiores a los publicados para jarales puros en algunos ecosistemas del sur de España, que estiman una carga de biomasa aérea de 7,88 t MS/ha (NAVARRO, 2006), lo que resulta lógico, dadas las diferencias climatológicas entre el centro y el sur peninsular.

Tabla 1. Comparativa de valores de peso de biomasa aérea de matorral (t MS/ha) aplicando diferentes modelos de estimación de biomasa con valores de muestreo tomados en 235 parcelas de jara en la provincia de Soria

Matorrales Soria	Peso matorral seco observado (t MS/ha)	Estimación modelo MONTERO, 2013	Estimación modelo PASALODOS-TATO, 2015	Estimación modelo [1] ENERBIOSCRUB, 2017
	Promedio de los valores obtenido en las parcelas del muestreo sistemático destructivo	$\ln(W) = -2,596 + 0,957 \ln(Hm) + 0,747 \ln(FCC)$ W = peso seco del matorral (t MS/ha); Hm = altura media del matorral (dm); FCC m = (%)	$\ln(W) = -0,540 + 1,370 \ln(Hm) + 1,345 \ln(FCCBliss)$; W = peso seco del matorral (t MS/ha); Hm = altura media del matorral (dm); FCCBliss = $\text{acos}(\sqrt{FCCm/100})$	$W = \text{EXP}(-0,463631 + 0,7183 \ln(B))$ W = peso seco del matorral (t MS/ha); B = biovolumen aparente = $FCC(\%) \cdot \text{altura media del matorral (m)}$
Peso observado/estimado (t MS/ha)	16,1	19,4	20,0	14,7
Desviación típica	10,7	9,9	12,3	6,8
Nº muestras	235	235	235	235
Error (t MS/ha)	1,4	1,3	1,6	0,9
Error de muestreo (%)	8,7	6,6	8,0	6,1
Error relativo de la estimación (%)	-	+21,0	+24,3	-8,5

En cuanto a la ecuación de estimación de la biomasa seca por planta o mata de jara (modelo [2] ENERBIOSCRUB), los valores de peso obtenidos al aplicar los valores medios de altura, diámetro de copa y número de plantas en 235 parcelas de muestreo en Soria, fueron $16,8 \pm 1,1$ t MS/ha con un error de muestreo del 6,3% (Tabla 2). Este modelo presenta valores inferiores de peso de matorral y menor error de muestreo que el modelo PÉREZ, 2008 aplicado a las mismas parcelas, que ofrece unos valores de $20,2 \pm 1,5$ t MS/ha. Los errores relativos del peso de matorral obtenido por ambos modelos, respecto del peso medio obtenido en el muestreo sistemático en los cuatro pastizales de Soria (16,1 t MS/ha) fue del 4,6% en el modelo [2] ENERBIOSCRUB, y del 25,9% en el modelo PÉREZ, 2008 (Tabla 2). Cabe señalar que el modelo PÉREZ, 2008 se elaboró en base a un muestreo de estepas en el pastizal del CEDER de Lubia.

Tabla 2. Comparativa de valores de peso de biomasa aérea de matorral (t MS/ha) aplicando dos modelos de peso individual de planta o mata de jara (kg seco/planta) a los valores medios de altura, diámetro de copa y número de plantas/matras de 235 parcelas de muestreo de jara en Soria

Matorrales Soria	Peso matorral seco observado (kg MS/planta)	Estimación modelo PÉREZ y ESTEBAN, 2008	Estimación modelo [2] ENERBIOSCRUB, 2017
Ecuación	Promedio de los valores obtenido en las parcelas del muestreo sistemático destructivo	$y = 36,9091 + 0,00145617(D^2H)$ y = peso seco (g MS/planta; D = media del diámetro de copa de la planta (cm); H = altura (cm)	$w = 1,5 (H^{0.9}) (D^{1.4})$ w = peso seco (kg MS/planta); H = altura máxima de la planta (m); D = valor medio de dos diámetros de copa perpendiculares de la planta (m)
Promedio peso (t MS/ha)	16,1	20,2	16,8
Desv. típica	10,7	11,5	8,2
Nº muestr.	235	235	235
Error (t MS/ha)	1,4	1,5	1,1
Error muestral (%)	8,7	7,4	6,3
Error relativo de la estimación (%)	-	+25,9	+4,6

6. Conclusiones

Se han desarrollado las ecuaciones [1] y [2] ENERBIOSCRUB para estimar la biomasa seca de jara (*Cistus laurifolius* L.) por unidad de superficie (t MS/ha), y por planta o mata de jara (kg MS/planta), a partir de dos muestreos paralelos realizados sobre 235 parcelas de 2 m de radio en cuatro pastizales abandonados cubiertos de matorral de jara (*Cistus laurifolius*, L.) en la provincia de Soria.

La ecuación [1] ENERBIOSCRUB para obtener peso seco de biomasa aérea por hectárea es la que presenta menor error muestral, lo que indica mayor precisión de la estimación, y menor error relativo respecto al valor medio del peso seco por hectárea obtenido en el muestreo sistemático, lo que indica mayor exactitud del valor estimado. Esto es razonable, teniendo en cuenta que para elaborarlo se han utilizado plantas y valores de masa de la zona muestreada, mientras que otros modelos, como el propuesto por MONTERO et al (2013) y PASALODOS-TATO et al (2015) han sido desarrollados a partir de muestreos en otras zonas de España. Actualmente se está trabajando en la validación del modelo mediante la localización y medición de 24 parcelas (10% de las utilizadas en la elaboración del modelo) elegidas al azar en las superficies de jara de la provincia de Soria.

La ecuación [2] ENERBIOSCRUB ofrece también valores de mayor precisión y exactitud que el modelo de PÉREZ y ESTEBAN (2008) para los pastizales de Soria. Para cuantificar las existencias de biomasa en un matorral en base a este modelo de peso individual, se requiere la realización de un muestreo de número de plantas por hectárea, y una estratificación en base a la distribución de alturas y diámetros de copa, con el consiguiente esfuerzo añadido en el trabajo de campo.

7. Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto LIFE+ sobre Política y Gobernanza Medioambiental, titulado "Gestión sostenible de formaciones arbustivas para uso energético" (LIFE13 ENV/ES/000660), financiado al 50% por fondos europeos, a través del Ministerio de Agricultura,

Alimentación y Medio Ambiente de España, y coordinado por el CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas).

8. Bibliografía

AEBIOM – European Bioenergy Outlook 2016, Statistical report. Disponible en <http://www.aebiom.org/statistical-report-2016> (Consultado 22/12/2016).

BLASCO, I.; VELASCO, H.; CALERO, R.; CARRASCOSA, A.; 2016. Informe sobre ensayos demostrativos de desbroce y acopio de biomasa de matorral. Evaluación tecno económica. Proyecto LIFE ENERBIOSCRUB (Acción B-1) (LIFE13 ENV/ES/000660). Informe inédito. TRAGSA, S.A.

EUROSTAT (online data codes: nrg_100^a and nrg_107a).

GARCÍA, M.; 2013. Estudio de la biomasa de *Cistus ladanifer* L. y *Retama sphaerocarpa* L. como sumidero de CO₂: existencias y potencialidad. Directores: Natividad Chaves Lobón y Juan Carlos Alías Gallego. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. Departamento de biología vegetal, ecología y ciencias de la tierra. Badajoz.

IDAE, 2007. Energía de la biomasa [en línea]. Disponible en: <http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10374_Energia_de_la_biomasa_07_28e17c9c.pdf> [Consulta: 17 de enero de 2017].

INIA, 2016. Impactos ambientales de la recolección mecanizada de matorral – INIA (Acción B5) [Material gráfico proyectable]. González, B.D. As Pontes de García Rodríguez.

MONTERO, G.; PASALODOS-TATO, M.; LÓPEZ-SENEPLEDA, E.; ONRUBIA, R. y MADRIGAL, G.; 2013. Actas 6º Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Vitoria-Gasteiz.

NAVARRO, R.M.; BLANCO, P.; 2006. Estimation of above-ground biomass in shrubland ecosystems of southern Spain. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales. Vol. 15, Nº 2, 197-207.

PASALODOS-TATO M, RUIZ-PEINADO R, RÍO M, MONTERO G. 2015. Shrub biomass accumulation and growth rate models to quantify carbon stocks and fluxes for the Mediterranean region. European Journal of Forest Research 134, 537-553.

PÉREZ, P.; ESTEBAN, L.S.; 2008. Evaluación de diferentes alternativas de recolección del matorral de *Cistus laurifolius* para la producción de biomasa con fines energéticos. Editorial CIEMAT. Madrid.

REN21. (2016), Renewables 2016 Global Status Report. Disponible en <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report> (Consultado 29/12/2016).

SAN MIGUEL, A.; CAÑELLAS, I. Y ROIG, S. 2004. Fruticicultura. Gestión de arbustados y matorrales. En: "Compendio de Selvicultura Aplicada en España". Páginas 877-907. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid.