

VARIABLES DE INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE BIOMASA DE MATORRAL EN LA MANCOMUNIDAD DE EL ALTO JARAMA-ATAZAR.

Sánchez Francés, R.^{2*}; Ordax de Castro, C.²; Quijano Pedrosa, A.²;
Antolín Giraldo, G.¹.

¹ Director del Área de Biocombustibles, Fundación CARTIF.

² Investigador del Área de Biocombustibles, Fundación CARTIF.

FUNDACIÓN CARTIF. Parque Tecnológico de Boecillo, parcela 205.
47151 Boecillo (Valladolid)

*Autores para la correspondencia: rausan@cartif.es

Boletín del CIDEU 5: 53-65 (2008)
ISSN 1885-5237

Resumen

La situación energética actual, caracterizada por la búsqueda de nuevas fuentes de energía, sustitutivas de los combustibles fósiles tradicionales y menos agresivas con el medio ambiente, ha hecho necesaria la puesta en marcha de políticas y acuerdos a nivel mundial, que buscan reducir la contaminación y fomentar las energías renovables. La biomasa, recurso renovable perteneciente a cada país y con un poder calorífico suficientemente alto como para emplearse energéticamente, surge como alternativa a dichos combustibles fósiles.

Estos aspectos han convertido el estudio del potencial biomásico de los montes en uno de los pasos previos imprescindibles para cualquier proyecto vinculado al desarrollo de las bioenergías.

Sin embargo, la evaluación de la biomasa encierra numerosas dificultades, dado que como recurso vegetal y renovable que es, presenta un carácter variable, cualitativa y cuantitativamente. Este factor, junto a la complejidad de estimar el potencial biomásico de grandes extensiones, provoca que únicamente se calcule la biomasa arbórea, en detrimento de la arbustiva, proporcionando un valor generalmente más bajo del realmente disponible en cada zona.

Este estudio establece una metodología más precisa para el cálculo de la biomasa potencial generada por el matorral, en una determinada zona de estudio (Mancomunidad de El Alto Jarama-Atazar).

Palabras clave: Factores de influencia, biomasa, producción, matorral.

Summary

Variables of influence in the productivity of thicket biomass in the Mancomunidad de El Alto Jarama-Atazar.

The present situation in the energy field is mainly characterized by the constant search of new energy sources, traditional fossil fuel substitutive and less aggressive towards the environment. All this has favoured the implementation of policies and worldwide agreements to reduce pollution and to promote Renewable Energies. The Biomass, a renewable resource belonging to each country and with a sufficiently high heating value to use energetically, arises as an alternative to the above mentioned fossil fuels.

These aspects have turned the study of the forestry biomass resources into one of the previous essential steps of any project related to the development of Bioenergy.

However, Biomass quantifying has numerous difficulties given that as vegetable and as renewable resource, it presents a changeable character, both qualitatively and quantitatively. In addition the impossibility to estimate the Biomass potential in large extensions causes that only arboreal biomass to be calculated, to the detriment of the bush tree, and therefore, generally the estimation provides a value that is minor than the real one.

This study tries to establish a more accurate methodology for the calculation of the potential Biomass generated by the thickets in a specific study zone (Mancomunidad de El Alto Jarama-Atazar).

Keywords: Factors of influence, biomass, production, thickets.

INTRODUCCIÓN.

Este estudio está basado en el trabajo realizado en el Proyecto COLORE, dentro del Programa Europeo PROGRESDEC (Interreg III), en el que se pretende estudiar el potencial de biomasa procedente del matorral existente en la Mancomunidad de El Alto Jarama-Atazar (Madrid), para su aprovechamiento energético, y considerando que los resultados de este estudio se van a emplear para el desarrollo de un SIG (Sistema de Información Geográfica), que permita evaluar el potencial de biomasa de la zona. Del mismo modo se han evaluado las posibles variables que influyen de manera directa en la productividad de biomasa arbustiva.

Se ha pretendido mejorar una metodología existente, para la estimación del potencial de biomasa en los montes. Cabe destacar, que hasta el momento, la mayoría de los análisis cuantitativos de potencial biomásico en zonas arboladas, sólo hacían referencia al estrato arbóreo, dejando a un lado el arbustivo, y por lo tanto excluyendo de su cuantificación una importante cantidad de biomasa, presente por igual, tanto bajo el arbolado como en terrenos forestales abiertos.

Si bien es cierto, que no ha de dejarse el suelo del monte totalmente desprotegido, sin cubierta vegetal alguna, se ve como necesario estimar la biomasa total conceptual arbustiva y de matorral, para determinados estudios de potencial biomásico.

Los métodos para la estimación del potencial de biomasa forestal son variados, pero su precisión disminuye, sin duda, a medida que aumenta la extensión de terreno a evaluar, haciendo muy difícil su réplica en otras zonas en las que las características climáticas, edáficas y fenológicas, hacen de

su corología un factor altamente variable.

La metodología para la realización de este estudio se basa, en su primera fase, en los datos proporcionados por el Mapa forestal de España (MFE), atendiendo a lo desarrollado por el CIEMAT para la evaluación de los recursos de biomasa forestal. La sistemática consiste en la utilización de los datos del MFE para el cálculo de biomasa por superficie tipo, para especies/formaciones arbustivas y de matorral.

La mayoría de los datos del MFE son descriptivos, lo que convierte el proceso de evaluación de potencial de biomasa en un análisis complejo.

Dada la elevada diversidad del matorral presente en la zona, el estudio se ha centrado en el cálculo de la productividad de biomasa de una *ha tipo* poblada por matorral calcícola, silicícola, así como de formaciones vegetales heterogéneas donde coexisten distintas especies arbustivas y de matorral.

Las necesidades del Proyecto, han centrado el estudio en las siguientes especies:

Matorral Calcícola.

- Esplegueras. Formaciones constituidas principalmente por el lino (*Linum suffruticosum L.*) y varias especies de lavandas (*Lavandula latifolia Medic.* y *Lavandula angustifolia Mill.*), que dan lugar a la vegetación de tránsito del coscojar al encinar.
- Ahulagares (*Genista hirsuta Vahl.*, *Genista sp.*). Paisajes poblados en su gran mayoría por la ahulaga, arbusto fuertemente espinoso y ramificado. Los ahulagares, comunidades generalmente muy densas, forman la etapa serial de sustitución de los encinares, llegando a ser acompañantes habituales de la jara.

- Series de vegetación *Lino-salvietum* (*Linum suffruticosum* L. y *Salvia lavandulifolia* Vahl). Se corresponden directamente con la serie de vegetación típica de la dinámica de sucesión del coscojar el encinar.

Matorral Silicícola.

- Jarales. Terrenos dominados frecuentemente por arbustos de la familia de las cistáceas (*Cistus ladanifer* L., *Cistus laurifolius* L., *Cistus crispus* L., etc.). No es raro, localizar masas arbustivas constituidas por dos o tres especies diferentes de jara. Es frecuente encontrar a la jara constituyendo formaciones homogéneas, acompañadas por otras especies arbustivas como el cantueso (*Lavandula stoechas* L.), las ahulagas (*Genista* sp.), el romero (*Rosmarinus officinalis* L.), las esparragueras (*Asparagus acutifolius* L.), el jaguarzo morisco (*Cistus salviifolius* L.), el tomillo (Género *Thymus*), etc.
- La presencia de estas especies secundarias de matorral acompañante en los jarales, está íntimamente relacionada con la litología, la orientación y las condiciones térmicas de la zona.
- Series de vegetación *Rosmarino-cistetum ladaniferi*. Paisajes correspondientes a la degradación de los jarales, en los que se pueden encontrar el cantueso, el romero y la jara pringosa (*Cistus ladanifer* L.).

Matorral Silicícola.

- Terrenos poblados por el cantueso, arbusto aromático de ramas abundantes y sección cuadrangular. Surge formando pequeñas comunidades monoespecíficas en zonas de escasa pendiente, y como vegetación acompañante en jarales, brezales y retamares.

Otras formaciones vegetales.

- Retamares. El elemento mayoritario en

este tipo de vegetación es la retama común (*Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss), cuyo desarrollo se ha visto favorecido en gran medida por el pastoreo. Los retamares suelen aparecer salpicados por escobas, retamas negras, cantuesos, labiérnagos, aulagas, jaras, etc.

- Escobonales/piornales. Formaciones constituidas por el escobón morisco (*Cytisus striatus* (Hill) Samp.), la retama negra (*Cytisus scoparius* (L.) Link.) y la retama blanca (*Genista florida* L.), que dan lugar a series vegetales de sustitución de alcornocales y encinares. Suelen presentar la misma vegetación acompañante que los jarales y los brezales.

METODOLOGÍA.

La disponibilidad de datos sobre la productividad de biomasa procedente de arbustos y matorral es escasa, salvo determinados estudios puntuales, con un bajo grado de réplica, a causa de las variaciones de altitud, insolación, litología, etc. Debido a esta circunstancia, se han tomado como referencia los datos del MFE.

Los datos básicos del MFE, con los que se ha contado para llevar a cabo la estimación de la producción de biomasa en zonas de matorral, han sido:

- El Código de Sobrecarga. Describe el tipo de estructura actual de la vegetación (matorral, arbusto, etc.) y proporciona una medida semi-cuantitativa sobre la tipología de la cubierta arbustiva y su altura.
- El Porcentaje de Recubrimiento de la Vegetación (K). Muestra la densidad de la vegetación, en tanto por ciento, de una zona determinada.

Resulta difícil clasificar las superficies no arboladas en función de las especies arbustivas o de matorral presentes en ellas,

por ello, se han clasificado los terrenos no arbolados en función de las sobrecargas más relevantes en cuanto a la altura de la vegetación relacionada con el Proyecto. Para el estudio se han considerado los índices de sobrecarga descritos en la tabla 1.

La estimación del potencial de biomasa se ha llevado cabo mediante la ecuación obtenida por Molinero (1998), para la corta de estepares de unos 20 años de edad, mediante la cual se obtiene la cantidad de biomasa para cada mata y para una humedad estimada del 55%.

Se trata de una estimación del potencial conceptual o general, por lo que no se han

desarrollado las ecuaciones para cada una de las especies.

$$Y = 1425,2 \cdot (H \cdot D)^{1,416} \quad (\text{Ec. 1, Molinero})$$

Donde:

Y = Peso Fresco de la biomasa (g)
 H = Altura de la mata (m)
 D = Diámetro medio de la mata (m)

$$D = 0,836 \cdot H^{1,2167}$$

La dinámica de cálculo de producción de biomasa para las distintas sobrecargas se muestra en la tabla 2. En ella se determinan como resultado final las toneladas de biomasa para una *ha tipo*, con un matorral de esas características.

Tabla 1. Índices de sobrecarga considerados en función del matorral presente.

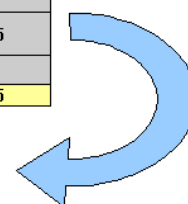
Morfología del matorral	Altura del matorral (m)	Código de sobrecarga MFE
Arbustado o matorral arbustivo. Talla 3-7 m.	2	1
Matorral alto o subarbustivo. Talla 1,5-3 m.	1,5	2
Matorral medio. Talla 0,5-1,5 m.	1	3
Matorral arbustivo con herbáceas vivaces. Talla 3-7m.	2	26
Matorral alto con herbáceas vivaces. Talla 1,5-3 m.	1,5	27
Matorral medio con herbáceas vivaces Talla 0,5-1,5 m.	1	28

Fuente MFE.

Tabla 2. Productividad de biomasa para cada tipo de sobrecarga.

	Sobrecarga 1	Sobrecarga 2	Sobrecarga 3	Sobrecarga 26	Sobrecarga 27	Sobrecarga 28
Altura (m)	2	1,5	1	2	1,5	1
Diámetro (m)	1,94	1,37	0,84	1,94	1,37	0,84
Biomasa/mata (Peso Fresco-kg)	9,74	3,95	1,11	9,74	3,95	1,11
Biomasa/mata (Peso Seco-kg)	4,38	1,78	0,5	4,38	1,78	0,5
K (datos MFE) Área/mata (m ²)	2,96	1,47	0,55	2,96	1,47	0,55
kg/área (kgm ²)	1,48	1,21	0,9	1,48	1,21	0,9
Producción (t/ha)	14,81	12,09	9,05	14,81	12,09	9,05

Área media (m²) ocupada por la mata para cada K según el MFE



Fuente CEDER-CIEMAT.

Tabla 3. Productividad de biomasa para cada tipo de sobrecarga y de porcentaje de recubrimiento.

Ki (%)	Sobrecarga 1		Sobrecarga 2		Sobrecarga 3		Sobrecarga 26		Sobrecarga 27		Sobrecarga 28	
	K=100	K=Ki	K=100	K=Ki	K=100	K=Ki	K=100	K=Ki	K=100	K=Ki	K=100	K=Ki
	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
0	14,81	0	12,09	0	9,05	0	14,81	0	12,09	0	9,05	0
10	14,81	1,48	12,09	1,21	9,05	0,91	14,81	1,48	12,09	1,21	9,05	0,91
15	14,81	2,22	12,09	1,81	9,05	1,36	14,81	2,22	12,09	1,81	9,05	1,36
20	14,81	2,96	12,09	2,42	9,05	1,81	14,81	2,96	12,09	2,42	9,05	1,81
25	14,81	3,7	12,09	3,02	9,05	2,26	14,81	3,7	12,09	3,02	9,05	2,26
30	14,81	4,44	12,09	3,63	9,05	2,72	14,81	4,44	12,09	3,63	9,05	2,72
35	14,81	5,18	12,09	4,23	9,05	3,17	14,81	5,18	12,09	4,23	9,05	3,17
40	14,81	5,92	12,09	4,84	9,05	3,62	14,81	5,92	12,09	4,84	9,05	3,62
45	14,81	6,66	12,09	5,44	9,05	4,07	14,81	6,66	12,09	5,44	9,05	4,07
50	14,81	7,41	12,09	6,05	9,05	4,53	14,81	7,41	12,09	6,05	9,05	4,53
55	14,81	8,15	12,09	6,65	9,05	4,98	14,81	8,15	12,09	6,65	9,05	4,98
60	14,81	8,89	12,09	7,25	9,05	5,43	14,81	8,89	12,09	7,25	9,05	5,43
65	14,81	9,63	12,09	7,86	9,05	5,88	14,81	9,63	12,09	7,86	9,05	5,88
70	14,81	10,37	12,09	8,46	9,05	6,34	14,81	10,37	12,09	8,46	9,05	6,34
75	14,81	11,11	12,09	9,07	9,05	6,79	14,81	11,11	12,09	9,07	9,05	6,79
80	14,81	11,85	12,09	9,67	9,05	7,24	14,81	11,85	12,09	9,67	9,05	7,24
85	14,81	12,59	12,09	10,28	9,05	7,69	14,81	12,59	12,09	10,28	9,05	7,69
90	14,81	13,33	12,09	10,88	9,05	8,15	14,81	13,33	12,09	10,88	9,05	8,15
95	14,81	14,07	12,09	11,49	9,05	8,6	14,81	14,07	12,09	11,49	9,05	8,6

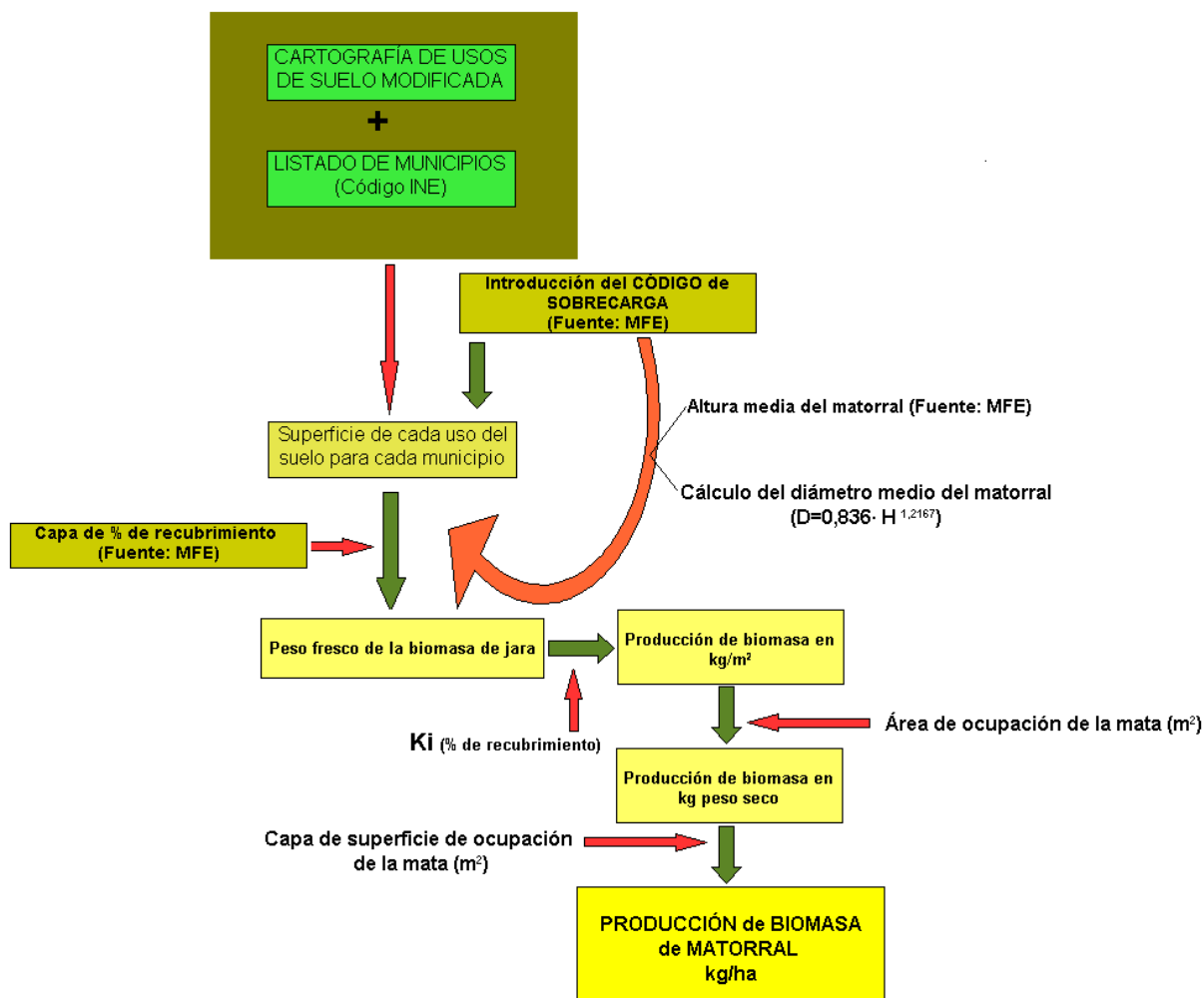


Figura 1. Metodología de evaluación de la productividad potencial de la biomasa de matorral.

En función de los resultados derivados de la Ec. 1, Molinero, se ha desarrollado la tabla 3, en la que se muestra el cálculo de la productividad de biomasa (t/ha) para cada sobrecarga y su correspondiente recubrimiento de vegetación.

La figura 1 muestra la metodología seguida para estimar la producción potencial de biomasa en base a los datos proporcionados por el MFE.

Como puede observarse, los pasos principales son:

- Determinación de especies a evaluar.
- Estimación de la altura y el diámetro medio del matorral.
- Obtención del peso fresco de la biomasa.
- Intervención del Ki.
- Obtención de la densidad productiva de la biomasa (kg/m² de biomasa).

- Intervención del coeficiente de sobrecarga.

- Obtención de la producción de biomasa (kg/ha).

Para trabajar de manera más precisa, se han estimado y ponderado las alturas medias de las distintas especies y formaciones vegetales que éstas constituyen, de modo que variando la altura de mata, y utilizado el índice K junto al indicativo de cobertura correspondiente a cada especie, se puede evaluar la biomasa procedente del matorral en la zona de estudio, de manera más exacta.

En la tabla 4 se establecen las distintas ecuaciones de estimación de biomasa para cada una de las especies estudiadas en el proyecto, en función de la altura del matorral.

Tabla 4. Estimación de alturas medias de mata y ecuaciones de producción de biomasa.

<i>Especie</i>	<i>Altura media de mata, H (m)</i>	<i>Ecuación peso fresco de biomasa (g) (Ec. 1)</i>
<i>Linum suffruticosum</i>	0,19	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 5,97$
<i>Lavandula latifolia</i>	0,84	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 633,15$
<i>Lavandula angustifolia</i>	0,72	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 394,37$
<i>Lavandula stoechas</i>	0,54	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 157,38$
<i>Genista hirsuta</i>	0,67	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 309,74$
<i>Genista florida</i>	1	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 1.105,91$
<i>Salvia lavandulifolia</i>	0,35	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 40,56$
<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,23	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 2.142,75$
<i>Asparagus acutifolius</i>	0,82	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 589,07$
<i>Thymus sp. (tomillo)</i>	0,21	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 8,09$
<i>Retama sphaerocarpa</i>	0,71	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 6.004,42$
<i>Cytisus striatus</i>	1,50	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 3.948,6$
<i>Cytisus scoparius</i>	2,43	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 18.007,07$
<i>Cistus ladanifer</i>	1,09	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 1.467,13$
<i>Cistus crispus</i>	0,39	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 56,23$
<i>Cistus laurifolius</i>	1,20	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 1.960,01$
<i>Cistus salviifolius</i>	0,57	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416} = 194,07$

Fuente Fundación CARTIF.

Mediante estas ecuaciones se podrá estimar la producción de biomasa para aquellas formaciones que se hayan considerado monoespecíficas, o bien para poblaciones pluriespecíficas, como suma de las anteriores.

La cantidad de biomasa producida se mantendrá invariable, en función de la especie arbustiva de la que se trate y de otras variables como la orientación, la humedad, la altitud, el suelo, etc, que presentan entre ellas un elevado grado de influencia recíproca. Para estas ecuaciones se tomará como peso seco de todas las especies, el calculado, y al igual que en la ecuación general, se le aplicará un grado de humedad inicial del 55% (según datos del CEDER-CIEMAT).

Para la obtención de las productividades de las especies relativas al estudio se han considerado los siguientes parámetros:

- Matorral calcícola (esplegueras). Formaciones vegetales constituidas por *L. suffruticosum*, *L. latifolia* y *L. angustifolia*: sobrecarga 28. Se han considerado formaciones de matorral medio, con herbáceas vivaces y con una talla media de 1 m.
- Matorral calcícola (ahulagares). Formaciones vegetales constituidas por *Genista hirsuta* y otras especies del mismo orden: sobrecarga 28. Se han considerado formaciones de

matorral medio, con herbáceas vivaces y con una talla media de 1 m.

- Matorral silicícola (jarales). Formaciones vegetales constituidas por *Cistus sp.*, *Lavandula stoechas*, *Genista sp.*, *R. officinalis* y *Thymus sp.*: sobrecarga 1. Se han considerado formaciones de matorral arbustivo con una talla media de 2 m.
- Matorral silicícola (series de vegetación *Rosmarino-cistetum ladaniferi*). Formaciones vegetales constituidas por *Cistus ladanifer*, *L. stoechas*, *Genista sp.* y *Rosmarinus officinalis*: sobrecarga 2. Se han considerado formaciones de matorral alto o subarbustivo, con una talla media de 1,5 m.
- Matorral silicícola: sobrecarga 27. Se han considerado formaciones de matorral alto, con herbáceas vivaces y de talla media 1,5 m.
- Otras formaciones vegetales (retamares) constituidas por *Retama sphaerocarpa*: sobrecarga 3. Se han considerado formaciones de matorral medio, con una talla de 1 m.
- Otras formaciones vegetales (escobonales y piornales): sobrecarga 3. Se han considerado formaciones de matorral medio, con una talla de 1 m. La figura 2 muestra dos tablas en las que se desarrolla un ejemplo del cálculo de la productividad por especies, en este caso para la jara pringosa (*C. ladanifer*).

Cistus ladanifer		
K (datos MFE)	Altura media de la mata (m)	1,090
	Peso fresco (g)	1467,130
	$Y = 1425,2 (H \cdot D)^{1,416}$	
	Peso seco con 55 % de humedad (g)	660,209
	Area/mata (m ²)	2,960
	kg/área (m ²)	0,223
	Producción (t/ha)	2,230

Cistus ladanifer		
Ki %	Sobrecarga 1	
	K=100 t/ha	K=Ki t/ha
0	2,230	0,000
10	2,230	0,223
15	2,230	0,335
20	2,230	0,446
25	2,230	0,558
30	2,230	0,669
35	2,230	0,781
40	2,230	0,892
45	2,230	1,004
50	2,230	1,115
55	2,230	1,227
60	2,230	1,338
64	2,230	1,427
70	2,230	1,561
75	2,230	1,673
80	2,230	1,784
85	2,230	1,896
90	2,230	2,007
95	2,230	2,119
100	2,230	2,230

Figura 2. Cálculo específico de la productividad de biomasa para *Cistus ladanifer* L.

A estas producciones de biomasa se les aplicará, en un paso posterior, la reducción debida a las variaciones de humedad, altitud, pendiente, orientación, etc., lo que proporcionará la productividad de biomasa por especie, y en función de la cartografía-fisiografía del suelo y de la corología de las distintas especies.

Atendiendo a la fisiografía y al análisis corológico de las distintas formaciones vegetales presentes en la zona, se han establecido las interrelaciones necesarias entre parámetros tan influyentes como la pendiente, la orientación, la insolación, etc., y la flora a evaluar. Mediante el estudio de estas interrelaciones se puede estimar el potencial vegetal de las especies vinculadas a las mismas.

Teniendo en cuenta los fines del estudio se han evaluado los siguientes parámetros:

- La pendiente.
- Factores edáficos (suelos ácidos y/o básicos).
- El rango altitudinal.
- La orientación.
- El rango de insolación.

Estos parámetros o variables inciden directamente en la capacidad vegetativa de las plantas, por lo que a su vez condicionarán la producción de biomasa.

Las tablas 5, 6, 7, 8, y 9 muestran el porcentaje de efectividad de producción de la vegetación sometida a la influencia o acción de las variables anteriormente mencionadas.

Tabla 5. Porcentaje de eficacia en la recogida de biomasa potencial, en función de la pendiente.

Pendiente (%)	Eficacia de Recogida (%)
0-10	80
10-20	70
20-30	50
30-50	20
>50	0

Fuente Fundación CARTIF.

Tabla 6. Porcentaje de producción de biomasa potencial, en función del tipo de suelo (ácido y/o básico).

Suelo	Tipo de planta	Producción (%)
Ácido	<i>Lavandula stoechas</i>	100
	<i>Genista hirsuta</i>	100
	<i>Genista florida</i>	100
	<i>Cistus salvifolius</i>	100
	<i>Cistus ladanifer</i>	100
	<i>Cytisus striatus</i>	100
	<i>Cytisus scoparius</i>	100
	<i>Linum suffruticosum</i>	0
	<i>Lavandula latifolia</i>	0
	<i>Lavandula angustifolia</i>	0
	<i>Salvia lavandulifolia</i>	0
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	0
	<i>Thymus sp.</i>	0
<i>Retama Sphaerocarpa</i>	0	
Básico	<i>Linum suffruticosum</i>	100
	<i>Lavandula latifolia</i>	100
	<i>Lavandula angustifolia</i>	100
	<i>Salvia lavandulifolia</i>	100
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	100
	<i>Thymus sp.</i>	100
	<i>Retama Sphaerocarpa</i>	100
	<i>Lavandula stoechas</i>	0
	<i>Genista hirsuta</i>	0
	<i>Genista florida</i>	0
	<i>Cistus salvifolius</i>	0
	<i>Cistus ladanifer</i>	0
	<i>Cytisus striatus</i>	0
<i>Cytisus scoparius</i>	0	
Indiferente	<i>Asparagus acutifolius</i>	100
	<i>Cistus laurifolius</i>	100

Fuente Fundación CARTIF.

Tabla 7. Porcentaje de producción de biomasa potencial en función del rango altitudinal de cada especie.

Especie	Rango altitudinal (m)	Producción según altitud (%)		Producción (%)
<i>Linum suffruticosum</i>	150-1200			100
<i>Lavandula latifolia</i>	300-1600			100
<i>Lavandula angustifolia</i>	650-1800			80
<i>Lavandula stoechas</i>	800-1000			60
<i>Genista hirsuta</i>	900-1700	0-1000	100	80
<i>Genista florida</i>	500-1600	0-1500	80	100
<i>Salvia lavandulifolia</i>	70-1600	0-2000	60	100
<i>Rosmarinus officinalis</i>	70-1200	>2000	40	100
<i>Asparagus acutifolius</i>	100-1200			100
<i>Cistus laurifolius</i>	500-1800			100
<i>Cistus salvifolius</i>	500-1200			100
<i>Cistus ladanifer</i>	800-1000			60
<i>Thymus sp.</i>	300-1900			100
<i>Retama Sphaerocarpa</i>	70-1000			100
<i>Cytisus striatus</i>	900-1600			80
<i>Cytisus scoparius</i>	900-1600			80

Fuente Fundación CARTIF.

Tabla 8. Porcentaje de producción de biomasa potencial, en función de la orientación en la que se disponen las distintas especies.

Orientación	Porcentaje de producción para pendientes <10%	Porcentaje de producción para pendientes 10-30%	Porcentaje de producción para pendientes >30%
NORTE	80%	40%	10%
SUR	100%	100%	100%
ESTE	100%	100%	100%
OESTE	80%	40%	10%

Fuente Fundación CARTIF.

Tabla 9. Porcentaje de producción de biomasa potencial, en función de la insolación recibida.

Rango de insolación	Porcentaje de producción de biomasa
1 hora	10
2 hora	40
3 hora	80
4 hora	100
5 hora	80
6 hora	40
7 hora	10

Fuente Fundación CARTIF.

$$H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{a_i}} = \frac{n}{\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \dots + \frac{1}{a_n} \right)} \quad \text{Ec. 2.}$$

Una vez estimados los porcentajes de efectividad, se empleará la media armónica (Ec. 2) para establecer un valor medio de

los mismos, el cual se aplicará a la fórmula de producción de biomasa de cada uno de los matorrales (Ec. 1).

La media armónica proporciona dentro de un grupo de valores, un valor poco influenciado por la existencia de valores mucho más grandes que el resto. Este parámetro no está definido para valores nulos, pero en este estudio los valores nulos coinciden, bien con la inexistencia total de la especie, y/o con la no explotación de la misma (porcentaje de eficacia en la recogida de biomasa potencial, y porcentaje de producción de biomasa potencial, en función de la acidez o basicidad del suelo), por lo que no se tendrán en cuenta para la estimación de estos parámetros

De esta forma, y a modo de ejemplo, para una zona poblada al 75% ($K_i=75$) con jara pingosa (*Cistus ladanifer*), que presenta las características descritas en la tabla 10, se obtiene un factor de variabilidad de producción de **0,72**.

Si se aplica este factor reductor a la producción obtenida para una altura media de la mata de jara de 0,80 m (4,42 t/ha), se

obtiene una producción media real de biomasa de 3,18 t/ha.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede afirmar que mediante esta metodología se obtienen estimaciones de biomasa potencial más precisas en lo que se refiere a formaciones vegetales monoespecíficas simples, donde se manifiesta, de manera clara, la predominancia de una o dos especies.

Para poblaciones pluriespecíficas, el método puede aplicarse como la suma del potencial individual estudiado para cada una de las especies presentes, teniendo en cuenta la influencia que unas especies pueden ejercer sobre otras en la competencia por los nutrientes.

Es importante decir, en lo que respecta a los métodos de explotación del matorral, que sobre éste, el tratamiento parcial mas adecuado es el desbroce. La tabla 11 muestra una clasificación sencilla de los diferentes tipos de desbroces.

Tabla 10. Porcentajes de efectividad de producción y factores de variabilidad de producción.

<i>Cistus ladanifer</i>					
	Pendiente	Suelo	Altitud	Orientación	Insolación
Valor	15%	Ácido	900 m	Oeste	5 h
% efectividad de producción	70	100	100	40	100
Factor de variabilidad de producción	0,72				

Fuente Fundación CARTIF.

Tabla 11. Clasificación de los distintos tipos de desbroce

Tipo de desbroce	
Según la ejecución	Desbroce manual
	Desbroce mecanizado
Según la acción sobre el matorral	Roza
	Arranque
Según la superficie a tratar	Casillas
	Fajas
	A hecho
Según las especies afectadas	Desbroce selectivo
	Desbroce total

Fuente Fundación CARTIF.

Lo más común en la práctica selvícola es el desbroce por roza (afecta muy poco a la velocidad de infiltración del agua en el suelo, factor determinante para un correcto funcionamiento hidrológico de los suelos), a hecho (mejora el grado de diversidad vegetal, aunque implica riesgo de erosión si la vegetación no se sustituye en breve) y selectivo, variando el modo de ejecución.

AGRADECIMIENTOS.

A Dña. Pilar Zaldívar García, Profesora de Botánica y Geobotánica del Dpto. de Ciencias Agroforestales de la E.T.S. de Ingenierías Agrarias de Palencia, por su asesoramiento en determinados aspectos técnicos de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Barreno, E.; Merino, A. 1981. Catálogo liquénico de las calizas de Madrid (España). *Lazaroa*, 3: 247-268.
- Bermudo, A.; Patón D.; Bermejo, L.A.; Mata, J. 2004. Determinación de la biomasa forrajera del brezo (*Erica arborea*) en el Parque Rural de Anaga (Tenerife). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna. La Laguna, Tenerife. España.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume Ediciones. 820 pp. Madrid.
- Costa, M. 1973. Datos ecológicos y fitosociológicos sobre los espartales de la provincia de Madrid. Departamento de Geobotánica. Instituto Botánico A. J. Cavanilles. C.S.I.C.
- Esteban Pascual, L.; Pérez Ortiz, P.; Ciria Ciria, P.; Carrasco García, J., 2005. Evaluación de los recursos de biomasa forestal en la provincia de Soria. Análisis de alternativas para su aprovechamiento energético. Edit. CIEMAT.
- Esteban Pascual, L.; Pérez Ortiz, P., 2004. Cuantificación de los recursos de biomasa forestal en la provincia de Soria y evaluación de alternativas para su aprovechamiento energético. CIEMAT-CEDER.
- Molinero, A. 1998. Análisis de la producción y perspectivas de utilización energética de *Cistus laurifolius*. Proyecto fin de carrera EUIA-Soria Universidad de Valladolid.
- Patón, D.; Nuñez -Trujillo, J.; Muñoz, A.; Tovar, J. 1998. Determinación de la fitomasa forrajera de cinco especies del Género *Cistus* procedentes del Parque Natural de Monfragüe, mediante regresiones múltiples. Unidad de Producción Animal (Zootecnia). Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura.
- Rivas-Martínez, S., Fernández-González, F., Loidi, J., Lousã, M. y Penas, A. 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobot.* 14: 5-341.
- Sánchez-Mata, D. 1989. Flora y vegetación del Macizo Oriental de la Sierra de Gredos (Ávila). Excma. Diputación Provincial de Ávila, 440 pp.
- Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Páginas 191-227. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.