



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

## Aprovechamiento del matorral como combustible en calderas de biomasa

Irene Mediavilla

Elena Borjabad, Raquel Ramos, Paloma Pérez, **Raquel Bados**, Luis Saúl Esteban

CEDER-CIEMAT

29 de junio de 2017, Plasencia

# PROYECTO LIFE+ ENERBIOSCRUB

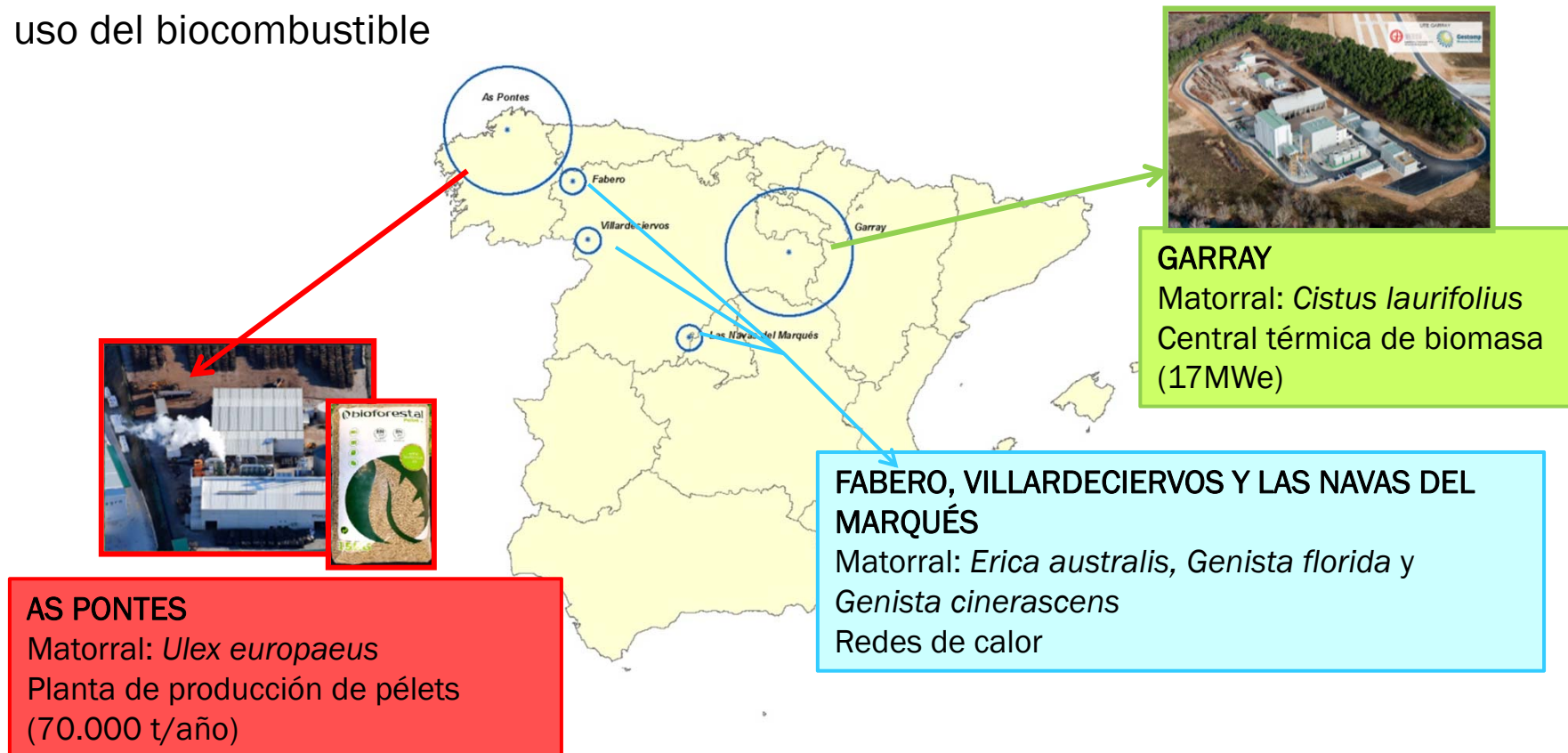


7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

## Gestión Sostenible de Formaciones de Matorral para Usos Energéticos

**OBJETIVO:** Reducción de incendios forestales a través de la obtención de biocombustibles sólidos a partir de matorrales con elevado riesgo de incendio, utilizando métodos innovadores de gestión y cosecha de matorral

**ÁREAS SELECCIONADAS:** En función de las existencias de matorral y la capacidad de uso del biocombustible





# OBJETIVO

Estudio del pretratamiento y combustión de la biomasa obtenida en desbroces de matorral (escoba, brezo, jara y tojo), con la finalidad de evaluar la calidad de los biocombustibles sólidos producidos y su comportamiento en calderas de los sectores doméstico e industrial

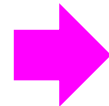




# PRETRATAMIENTO (I)



30 mm

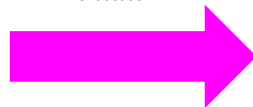


Parámetro	Escoba (pacas)	Brezo (astillado en campo)	Jara (pacas)	Tojo (astillado en campo)
M (kg/h kW) (b.s.)	18	20	18	5.6
E (kWh/t) (b.s.)	9.0	7.5	11	28

Peor rendimiento por mayor dificultad en alimentación



4 mm



Parámetro	Escoba	Brezo	Jara	Tojo
M (kg/h kW) (b.s.)	11	12	27	21
E (kWh/t) (b.s.)	46	58	17	18

Mayor elasticidad y mayor resistencia a rotura en molino de martillos



Diámetro 8 mm



Parámetro	Escoba	Brezo	Jara	Tojo
M (kg/h kW) (b.s.)	6.9	6.7	5.9	8.8
E (kWh/t) (b.s.)	113	122	133	80

Mayor rendimiento en la peletización



## PRETRATAMIENTO (II)



Parámetro	Escoba	Brezo	Jara	Tojo	Pino (A1)	ISO 17225-2:2014 Clase B
Humedad (% m.) (b.h.)	9.6	12.3	7.2	10.8	6.3	≤ 10
Diámetro (mm)	8	8	8	8	6	
Densidad pila (kg/m <sup>3</sup> ) (MS)	620	630	700	650	690	≥ 600
Durabilidad mecánica (%) (MH)	98.4	98.1	97.3	97.8	99.2	≥ 96.5
Finos (%m.) (MH)	0.2	1.4	0.2	0.4	0.1	≤ 1.0
Cenizas (%m.) (b.s.)	1.4	2.2	4.2	3.8	0.5	≤ 2.0
Análisis elemental						
C (%m.) (b.s.)	50.3	49.1	50.2	50.0	51.4	
H (%m.) (b.s.)	6.3	6.2	5.8	6.1	6.1	
N (%m.) (b.s.)	0.88	0.86	0.40	0.97	0.05	≤ 1.0
S (%m.) (b.s.)	0.04	0.04	0.04	0.07	0.02	≤ 0.05
Cl (%m.) (b.s.)	0.03	0.02	0.03	0.08	0.01	≤ 0.03
Poder calorífico						
PCI (MJ/kg) (b.s.)	18.9	19.1	18.7	18.6	19.1	
PCI (MJ/kg) (b.h.)	16.9	16.4	17.2	16.3	17.8	≥ 16.5

Para uso en el sector residencial (clase B):

- Reducir el contenido en humedad (ajuste proceso peletización) y, por lo tanto, aumentar el PCI y reducir finos (ajuste proceso peletización)
- Reducir contenido en ceniza (control adecuado de cadena logística)

Más orientado a  
uso industrial



# COMBUSTIÓN (I)

**CALDERA DE 500 kWt:** Ensayos de 6 horas en régimen estacionario en los que no se registran formación de escorias ni problemas de operación



Parámetro	Escoba	Brezo	Jara	Tojo	Pino
Potencia (kW)	424	412	458	430	453
O <sub>2</sub> (%v.) (b.s.)	8.7	10.1	9.6	10.4	8.8
CO (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1)</sup>	2102	2144	1159	1192	1558
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1) (2)</sup>	<b>335</b>	<b>330</b>	<b>224</b>	<b>305</b>	<b>126</b>
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1)</sup>	6.2	65	32	<b>155</b>	21
HCl (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1)</sup>	0.70	0.61	0.87	<b>68</b>	0.24
COT (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1) (3)</sup>	30	20	13	13	43
Partículas (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1)</sup>	<b>148</b>	<b>295</b>	<b>161</b>	<b>210</b>	<b>42</b>

%<sup>(1)</sup>: referido al 10% de O<sub>2</sub>; <sup>(2)</sup>: suma de NO y NO<sub>2</sub>, expresados como NO<sub>2</sub>; <sup>(3)</sup>: compuestos orgánicos totales expresados como C

Mayor emisión de NO<sub>x</sub> y partículas al comparar con el pino debido a:

- NO<sub>x</sub>, por mayor contenido en N de los matorrales.
- Partículas, por la composición y las condiciones de operación

Mayores emisiones de SO<sub>2</sub> y HCl en la combustión del tojo por el mayor contenido de S y Cl en esta biomasa



## COMBUSTIÓN (II)

**CALDERA DE 40 kWt:** Ensayos de 6 horas en régimen estacionario en los que se registra formación de escorias durante la combustión de brezo, jara y tojo aunque no suponen problemas de operación



Parámetro	Escoba	Brezo	Jara	Tojo	Pino (A1)
Potencia (kW)	48.7	45.7	44.1	45.8	45.0
O <sub>2</sub> (%v.) (b.s.)	8.0	7.7	8.3	8.2	8.1
CO (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1)</sup>	623	60	71	22	295
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1) (2)</sup>	<b>388</b>	<b>482</b>	<b>373</b>	<b>601</b>	<b>140</b>
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1)</sup>	7.0	79	59	<b>132</b>	13
HCl (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1)</sup>	2.9	13	7.4	<b>60</b>	0.34
COT (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1) (3)</sup>	3.3	1.7	1.7	1.7	1.2
Partículas (mg/Nm <sup>3</sup> ) (b.s.) <sup>(1)</sup>	<b>235</b>	<b>135</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>97</b>

%<sup>(1)</sup>: referido al 10% de O<sub>2</sub>; <sup>(2)</sup>: suma de NO y NO<sub>2</sub>, expresados como NO<sub>2</sub>; <sup>(3)</sup>: compuestos orgánicos totales expresados como C

Mayor emisión de NO<sub>x</sub> y partículas al comparar con el pino debido a:

- NO<sub>x</sub>, por mayor contenido en N de los matorrales.
- Partículas, por la composición y las condiciones de operación

Mayores emisiones de SO<sub>2</sub> y HCl en la combustión del tojo por el mayor contenido de S y Cl en esta biomasa



## CONCLUSIONES (I)

---

### MOLIENDA:

El comportamiento del matorral es difícil de predecir ya que depende de:

- Humedad
- Elasticidad
- Edad
- Formato en el que se recibe: pacas o pre-triturado.

### PELETIZACIÓN:

- El tojo es el matorral que presenta un mejor rendimiento del proceso, seguido por la escoba y el brezo, con valores similares y, finalmente, la jara.
- Con respecto a la caracterización de los pélets:
  - Con una recogida y manipulación del material y pretratamiento adecuados, (que implican una reducción de la humedad y del contenido en ceniza) se pueden producir pélets de escoba, brezo y jara para uso en el sector residencial (clase B según la norma ISO 17225-2:2004).
  - Los pélets de tojo, por su alto contenido en S y Cl, deberían destinarse a uso industrial.





## CONCLUSIONES (II)

---

### COMBUSTIÓN:

- La combustión de matorral da lugar a mayores emisiones de NOx y partículas, por lo que sería aconsejable implementar medidas para su control.
- La combustión de tojo genera emisiones de SO<sub>2</sub> y HCl especialmente altas, por lo que sería necesario llevar a cabo un estudio más amplio sobre este matorral, con el fin de reducirlas.
- En función de la caldera empleada y de las condiciones de operación, el uso de combustible de matorral puede dar lugar a la formación de escorias, que podrían ocasionar problemas de operación. Se considera necesario realizar una selección de los equipos de combustión adecuados y de las condiciones de operación idóneas.

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto LIFE+ ENERBIOSCRUB (LIFE 13/ENV/ES/000660)

Utilización de equipos cofinanciados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (CIEM09-3E-275 y CIEM13-3E-2505)

Irene Mediavilla Ruiz  
irene.mediavilla@ciemat.es



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

### Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía



26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura



[www.congresoforestal.es](http://www.congresoforestal.es)