

# Biomassa forestal: preu, costos i casos pràctics



**Objectiu:** aportar coneixements generals a propietaris forestals i estudiants per millorar la utilització de biomassa en la producció d'energia

## ÍNDEX

1	Introducció.....	1
2	Preu dels biocombustibles forestals.....	2
3	Cost de l'energia.....	4
	3.1 Comparació de preus en tones o en volum.....	4
	3.2 Comparació de preus de diferents combustibles.....	6
	3.3 Comparació de costos de calefacció en diferents instal·lacions.....	7
4	Anexos.....	14



# 1 Introducció

El preu de mercat de la biomassa es fixa en funció dels preus d'altres qualitats de fusta. Generalment, el procés d'obtenció de biomassa es produeix amb fusta de la més baixa qualitat, ja que el seu origen pot provenir de qualsevol espècie forestal o de qualitat. Per a una major rendibilitat, el procés forestal utilitza fusta de menys qualitat. Atès que l'objectiu final de la qualitat de la fusta no requereix cap propietat requerida a la fusta més valuosa.



Foto 1: Pila de biomassa en bosc de coníferes. CTFC.

El preu de la fusta per a la biomassa a la fàbrica és equivalent al de la fusta triturada, el que significa que és la menys valorada. A partir d'aquest preu, cal afegir tots els costos de producció i aprovisionament, més els beneficis comercials i els impostos per arribar al producte final. El cost de producció varia en funció de la qualitat final de la biomassa, que depèn al mateix temps del procés de producció. Normalment, la major qualitat té el major cost de producció. El valor final de la biomassa depèn de si la fusta està certificada o no; ja que el procés de certificació és un altre cost afegit al producte final.

Un dels avantatges competitius de la biomassa sobre altres combustibles fòssils és la seva invariabilitat de preu en diferents anys, aquest increment és gairebé nul. Aquest efecte, difícil de predir en la categoria de combustibles fòssils, confereix a la biomassa certa superioritat a l'hora de calcular la rendibilitat de la inversió en instal·lacions alimentades amb biomassa.

Les paraules seguides d'un "\*" es defineixen en el glossari de l'apèndix.

## 2 Preu dels biocombustibles forestals

Cada biocombustible presenta preus diferents en funció de la qualitat, les quantitats, de la modalitat de venda.

Taula 1: Pèl·lets, preu segons el tipus de subministrament, 2017. Font: AVEBIOM.

Modalitat	Preu mig (€/t)
Sac de 15 kg	262,66 (3,94 €/sac)
Palet	252,70
A dojo (camió bolquet)	220,89
A dojo (cuba/cisterna)	231,40

Taula 2: Astelles, preu segons tamany de gra i cost de producció, 2017. Font: Oficina Tècnica Municipal de Prevenció d'Incendis Forestals, Barcelona.

Preu 2017	P16/G30	P45/G50
Situació A	110 €/t	100 €/t
Situació B	80 €/t	70 €/t

A: treball en condicions difícils. Transport inclòs

B: treball en condicions favorables. Transporte inclòs

Taula 3: Fusta, preu a l'engròs sense tallar (entre 2,2 y 2,4 m) entregada a fàbrica per varies espècies, 2017.

Font: Llotja de Vic i de Girona (de fusta)

Espècies	€/t	Espècies	€/t
Alzina	64,83	Faig	42,00
Roure	48,67	Alzina surera	38,00

La fusta preparada pel consum al detall (tallada i estellada en trossos) val el doble o més que el preu que es mostra aquí. El preu dependrà de la quantitat lliurada i si és verd (en fresc) o sec, el tipus de subministrament, la freqüència, etc.

Tabla 4: Briquetes, preu en €/t segons el mètode de venda, 2017. Fonts: Acalora, Biomassa d'Osona, botiga de biomassa.

Modalitat	€/t
Caixa /sac individual de briquetes	659 (400-920)
Palet petit (300 kg) en sacs	537
Palet gran (600-1 000 kg) en sacs	360 (300-400)
Palet petit (300 kg) sense envasar	440
Palet gran sense envasar	300

## 3 Cost de l'energia

El cost de l'energia depèn del cost del combustible utilitzat, més els costos associats a la instal·lació (manteniment i explotació, amortització, consum elèctric, etc.). Això permet comparar diferents combustibles o possibilitats d'instal·lació. A continuació, presentem diversos casos pràctics.

### 3.1 Comparació de preus en tones o en volum

Dues venedors ofereixen fusta tallada i estellada a un client:

- Oferta del venedor 1: fusta d'alzina a 170 € per tona, humitat del voltant del 30% Hbh.
- Oferta del venedor 2: fusta de faig a 110 € per cada estoig de fusta apilat, humitat del voltant del 30% Hbh.

Per comparar preus, hem de calcular quant costa cada oferta per kWh, la unitat d'energia que finalment es consumirà.

#### Cas n ° 1:

El valor calòric (PCI, en kWh / t) defineix la relació entre energia i pes. Atès que el preu ja està expressat en unitats de pes, és molt senzill determinar l'ICP (veure Taula 91 a l'annex) corresponent a l'espècie subministrada (alzina) i el percentatge d'humitat (al voltant del 30%): per l'alzina tenim 3512 kWh / T30.

**Per tant 1 kWh =  $170/3512 = 0,048$  €.**

### Cas n ° 2:

En aquest cas, per poder utilitzar el PCI, el estere de fusta apilat ha d'estar relacionat amb el volum sòlid (rotllo m<sup>3</sup>), després la densitat de la fusta de faig amb la humitat indicada.

Les dades de les taules proporcionen aquests factors de conversió:

- 1 m<sup>3</sup> rotllo = 1.2 estere apilat (veure Taula 10 en l'apèndix)
- Densitat de faig al 30% Hbh: 0,83 T30 / m<sup>3</sup> (veure Taula 11 en l'apèndix)

Per tant:  $(110 * 1,2) / 0,83 = 159,04$  € per una tona de fusta de faig amb una humitat del 30%.

L'ICP per al faig, amb una humitat del voltant del 30%, és de 3262 kWh (veure Taula 4 en l'apèndix).

**Per tant:  $159,04 / 3262 = 0,049$  €.**

*La conclusió és que tots dos venedors ofereixen fusta a preus energètics comparables.*

### Glossari de termes de càlcul:

**kWh:** quilo watt hora, una unitat tradicional de mesura de l'energia elèctrica. Correspon al funcionament d'una potència d'1 kW durant 1 hora.

**T30:** tona de fusta al 30% d'humitat

**Hbh:** humitat en base humida

**PCI:** valor calòric inferior, quantitat teòrica d'energia continguda en un combustible. Es refereix a la quantitat de calor alliberada per la combustió d'una unitat de massa del producte (1kg) sota condicions estandarditzades. Com més alt és el PCI, més energia proporciona el producte.

## 3.2 Comparació de preus de diferents combustibles

L'objectiu és determinar què biocombustible és el més econòmic entre les tres ofertes de diversos productors:

1. Encenalls de fusta de coníferes amb un contingut d'humitat del 30%. Preu: 30 € / MAPA
2. Fusta de roure tallada i apilat amb un contingut d'humitat del 30%. Preu: 90 € / esteri apilat
3. Pellets o grànuls de coníferes en sacs, sobre paletes, amb un contingut d'humitat del 10%. Preu: 230 € / t

Per comparar preus, hem de convertir-los en preus per unitat d'energia (€ / kWh).

### 1. Estelles de fusta de coníferes

Dades d'inici

Quantitat: 1 t MAP fusta fina triturada / Preu: 30 € / MAP 30% / Modalitat: fusta triturada / Espècie: coníferes

Com el preu s'expressa en volum (€ / MAP), ha d'esdevenir un preu per energia amb el PCI (kWh / t), determinant així la densitat (t / m<sup>3</sup>) i la relació de volum (MAP / m<sup>3</sup>).

Les taules proporcionen els següents valors:

- Relació de volum: 0,4 m<sup>3</sup> / MAP (veure Taula 10 a l'annex)
- Densitat de coníferes al 30% d'humitat: 0,64 T30 / m<sup>3</sup> (veure Taula 11 a l'annex)
- PCI de coníferes al 30% d'humitat: 3487 kWh / T30 (veure Taula 9 en l'apèndix)

**Per tant: 30 € / (0.4 m<sup>3</sup> / MAP x 0.64 t / m<sup>3</sup> x 3489 kWh / t) = 30 / (0.4x0.64x3489) = 30 / 898,184 = 0,034 €**

## 2. Fusta de roure

Dades d'inici

Quantitat: 1 t esteri apilat / Preu: 90 € / esteri apilat / Modalitat: fusta estellada (tronc) / Espècie: roure

Com en el cas anterior, el volum aparent s'ha de convertir en volum sòlid (conversió de volum), pes (densitat, rotllo de T30 / m<sup>3</sup>) i finalment en energia utilitzant el PCI.

Les taules proporcionen els valors necessaris:

- Relació de volum: rotllo de 1,2 esteri / m<sup>3</sup> (vegeu el quadre 10 de l'apèndix)
- Densitat de roures al 30% d'humitat: 0,88 T30 / m<sup>3</sup> (veure Taula 11 a annex)
- PCI de roure al 30% d'humitat: 3279 kWh / T30 (veure Taula 9 a l'annex)

**Per tant:  $(90 \text{ €} \times 1.2 \text{ estèreo} / \text{m}^3) / (0.88 \text{ t} / \text{m}^3 \times 3279 \text{ kWh} / \text{t}) = (90 \times 1.2) / (0.88 \times 3279) = 0.038 \text{ €}$**

## 3. Pèl·lets de coníferes:

Dades d'inici

Quantitat: 1 t esterilitzada / Preu: 230 € / t / Modalitat: palet de grànuls en bosses / Espècie: coníferes

En aquest cas, com que el preu ja està expressat en unitats de pes, només es necessita el PCI per convertir-lo en un preu per energia. L'ICP dels pèl·lets de fusta al 10% d'humitat és d'uns 4700 kWh / t (= (5272 + 4082) / 2)

**Per tant:  $230 \text{ €} / 4700 \text{ kWh} / \text{t} = 230/4700 = 0,049 \text{ €}$**



Per poder triar correctament un combustible entre els disponibles per a calefacció i aigua calenta sanitària, s'ha de calcular el cost de l'energia consumida en cada cas. El cost de l'energia depèn de la instal·lació, del combustible utilitzat i de l'energia produïda (Figura 1).

**Cost energètic (€ / kWh)**  
**Costos anuals (€ / any)**  
instal·lació  
Amortització de la inversió inicial  
Inversió inicial (€)  
Durada de la inversió (anys)  
Despeses de manteniment (€ / any)  
Combustible  
Despeses de funcionament (€ / any)

**Preus dels combustibles**  
Quantitat de combustible necessària  
Energia generada (kWh / any)  
Potència de la caldera (kW)  
Funcionament anual (h/any)  
Rendiment de la caldera (%)

Figura 1: Diferents conceptes que intervenen en el càlculs energètics

A continuació es presenta a un exemple de comparació de diferents ofertes per escalfar una habitació.

Es compara l'ús de 6 combustibles diferents: 1. fusta de producció neta; 2. fusta d'un productor local; 3. estelles; 4. pellets; 5. Gas natural Combustible domèstic.

Taula 6: Comparació de preus i poders calorífics de diferents combustibles energètics

	Símbol	Unitats	Fusta H20 neta (t)	Fusta H20 local (t)	Estelles H30 (t)	Pèl·lets M10 (t)	Gas natural (m <sup>3</sup> )	Fuel domèstic (l)
Preu	P <sub>c</sub>	€/u.	77	130	88	216	0,72	1,04
Poder calorífic inferior	Q, PCI	KWh/u.	3 980	3 980	3 400	4 600	9,6	10

Les dades de partida de les instal·lacions a comparar són els següents:

- Potència (P): 100 kW
- Hores de funcionament (h): 1300 h / any
- Període d'inversió (a): 20 anys

Taula 7: Dades econòmiques de combustibles energètics

	Símbol	Unitats	Fusta H20 neta (t)	Fusta H20 local (t)	Estelles H30 (t)	Pèl·lets M10 (t)	Gas natural (m <sup>3</sup> )	Fuel domèstic (l)
Costos de inversió de la Instal·lació (TTC)	I	€	45 000	45 000	65 000	40 000	13 000	18 000
Cost de l'electricitat (C)	C <sub>el</sub>	€/any	50	50	200	100	30	30
Despeses de neteja i manteniment (E)	C <sub>m</sub>	€/any	430	430	530	330	155	155
Eficiència general	η	%	0,75	0,75	0,79	0,84	0,9	0,85

A partir d'aquestes dades, s'han de calcular els diferents factors per determinar el cost de l'energia.

### Càlcul de la producció d'energia final (energia neta, després d'aplicar l'eficiència de la caldera):

- Càlcul de la producció d'energia final (energia neta, un cop aplicada l'eficiència de la caldera):

Primer es calcula l'*energia produïda bruta* ( $E_{1ia}$ , kWh / any):

$$E_{1ia} = P * h$$

on

- P = Potència de la caldera (kW)
- h = hores de funcionament anuals (h / any)

I sobre aquesta s'aplica l'eficiència de cada caldera ( $\eta$ ) per obtenir la *producció d'energia final*, neta ( $E_{final}$ , kWh / any):

$$E_{final} = E_{1ia} * \eta$$

on

- $E_{1ia}$  = Energia primària (kWh / any)
- $\eta$  = eficiència (%)

### Càlcul del cost de combustible:

La relació entre l'energia produïda bruta i el poder calorífic de cada combustible proporciona la **demanda anual de combustible** ( $Q_c$ , QUANTITAT / any):

$$Q_c = E_{1ia} / Q$$

on

- $E_{1ia}$  = Energia produïda bruta (kWh / any)
- $Q$  = Poder calorífic inferior (PCI, kWh / unitat de pes o volum)

Aplicant el preu de cada combustible s'obté la **Despesa anual en combustible** ( $C_c$ , € / any):

$$C_c = Q_c * P_c$$

on

- $Q_c$  = QUANTITAT anual de combustible (pes o volum / any)
- $P_c$  = Preu de cada combustible (€ / pes o volum)

### Càlcul dels costos de la instal·lació i totals:

El cost de la instal·lació ha d'incloure l'amortització anual, el cost d'operació (consum de combustible) i el manteniment.

En aquest cas, l'**amortització** es calcularà desestimant els interessos:

$$A=I/a$$

on

- I = Inversió inicial (€)
- a = Durada de la inversió (anys)

El cost d'operació inclou el consum de combustibles, calculats prèviament, així com el **manteniment**.

A partir d'aquí es pot calcular el **cost total** anual de calefacció sumant el cost d'amortització, cost d'operació (consum de combustibles més elèctric) i manteniment:

$$C_t=A+(C_c+C_{el})+C_m=A+C_{op}+C_m$$

on

- A = Amortització (€ / any)
- C<sub>c</sub> = Despesa en combustibles (€ / any)
- C<sub>el</sub> = Cost electricitat (€ / any)
- C<sub>m</sub> = Cost de manteniment i neteja (€ / any)
- C<sub>op</sub> = Cost d'operació (€ / any) = C<sub>c</sub> + C<sub>el</sub>

### Càlcul del Cost final de l'energia:

El **cost final** (€ / MWh) s'obté de la relació entre la suma de despeses (cost total anual) i l'energia neta produïda:

$$C_e = C_t / E_{\text{final}}$$

on

- $C_t$  = costos totals anuals de la instal·lació (€ / any)
- $E_{\text{final}}$  = energia produïda neta (kWh / any)

Taula 8: Dades econòmiques de diferents combustibles

	Símbol	Unitats	Fusta H20 neta (t)	Fusta H20 local (t)	Astelles H30 (t)	Pèl·lets M10 (t)	Gas natural (m <sup>3</sup> )	Fuel domèstic (l)
Producció d'energia primària	E <sub>1ia</sub>	kWh/a	130 000	130 000	130 000	130 000	130 000	130 000
Producció d'energia final*		MWh/a	130	130	130	130	130	130
Demanda anual de combustible	E <sub>final</sub>	MWh/a	97,5	97,5	102,7	109,2	117	110,5
Cost consumo anual de combustible (B)	Q <sub>c</sub>		32,7	32,7	38,2	28,3	13 500	130 000
Depreciació tècnica/econòmica (A)	C <sub>c</sub>	€/any	2 515	4 246	3 365	6 104	9 750	13 520
Costes de explotació (D = B + C)*	A	€/any	2 250	2 250	3 250	2 000	650	900
Cost anual total (F = A + D + E)	C <sub>op</sub>	€/any	2 565	4 296	3 565	6 204	9 780	13 550
Cost final de l'energia	C <sub>t</sub>	€/any	5 245	6 976	7 345	8 534	10 585	14 605
Producció d'energia primària	C <sub>e</sub>	€/MWh	53,80	71,55	71,52	78,15	90,47	132,17

## 4 Annex

Taula 9: Poder calorífic inferior en funció de l'espècie i humitat (kWh/t%)<sup>c</sup>

Especies	Humitat ( bh)						
	0 %	20 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %
Alzina	5 307	4 110	3 512	3 212	2 913	2 614	2 314
Roures	4 975	3 844	3 279	2 996	2 714	2 431	2 148
Pi silvestre	5 338	4 135	3 533	3 232	2 931	2 631	2 330
Pi pinastre	5 296	4 101	3 504	3 205	2 906	2 607	2 309
Pi blanc	5 082	3 930	3 354	3 066	2 778	2 490	2 202
Pi pinyoner	5 374	4 164	3 558	3 256	2 953	2 651	2 348
Pollancre	4 815	3 716	3 167	2 892	2 618	2 343	2 068
Castanyer	5 184	4 012	3 425	3 132	2 839	2 546	2 253
Faig	4 951	3 825	3 262	2 981	2 699	2 418	2 136
Coníferes	5 272	4 082	3 487	3 190	2 892	2 595	2 297
Fronzoses	5 078	3 927	3 351	3 063	2 775	2 488	2 200

Taula 10: conversió de volums<sup>a</sup>

	Fusta en roll	Troncs 1 m	Troncs trossejats y partits 33 cm		Estelles	
	m <sup>3</sup> sòlid	Esteri	Esteri	Apilat m <sup>3</sup> aparent	Fines (P16) MAP	Mitges (P45) MAP
1 m <sup>3</sup> de fusta en roll	1	1,4	1,2	2	2,5	3
1 esteri de troncs 1 m	0,7	1	0,8	1,4	- 1,75	- 2,1
1 esteri de troncs 33 cm	0,85	1,2	1	1,7		
1 m <sup>3</sup> aparent de troncs 33 cm apilats	0,5	0,7	0,6	1		
1 MAP de estelles fines (P16)	0,4	- 0,55			1	1,2
1 MAP de estelles mitges (P45)	0,33	- 0,5			0,8	1

Tabla 11: Densitats en funció de la humitat en bh i l'espècie (3)

Espècie	Anhidra	50% Hbh	30% Hbh	Específ
	(t <sub>0</sub> /m <sup>3</sup> <sub>0</sub> )	(t <sub>50</sub> /m <sup>3</sup> <sub>50</sub> )	(t <sub>30</sub> /m <sup>3</sup> <sub>30</sub> )	(t <sub>0</sub> /m <sup>3</sup> <sub>50</sub> )
<i>Quercus ilex</i>	0,87	1,42	1,02	0,71
<i>Quercus pubescens</i>	0,73	1,23	0,88	0,62
<i>Quercus petraea</i>	90,7	1,19	0,85	0,59
<i>Quercus faginea</i>	0,75	1,26	0,9	0,63
<i>Quercus sp</i>	0,73	1,23	0,88	0,61
<i>Fagus sylvatica</i>	0,69	1,17	0,83	0,58
<i>Abies alba</i>	0,51	0,91	0,65	0,45
<i>Pinus uncinata</i>	0,5	0,89	0,64	0,45
<i>Pinus sylvestris</i>	0,48	0,85	0,61	0,43
<i>Betula pendula</i>	0,6	1,05	0,75	0,52

Espècie	Anhidra	50% Hbh	30% Hbh	Específ
	(t <sub>0</sub> /m <sup>3</sup> <sub>0</sub> )	(t <sub>50</sub> /m <sup>3</sup> <sub>50</sub> )	(t <sub>30</sub> /m <sup>3</sup> <sub>30</sub> )	(t <sub>0</sub> /m <sup>3</sup> <sub>50</sub> )
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,67	1,14	0,81	0,57
<i>Populus nigra</i>	0,43	0,78	0,56	0,39
<i>Platanus x hispanica</i>	0,65	1,12	0,8	0,56
<i>Pinus nigra</i>	0,51	0,91	0,65	0,46
<i>Betula pendula</i>	0,6	1,05	0,75	0,52
<i>Castanea sativa</i>	0,59	1,02	0,73	0,51
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,67	1,14	0,81	0,57
<i>Populus nigra</i>	0,43	0,78	0,56	0,39
<i>Platanus x hispanica</i>	0,65	1,12	0,8	0,56
<i>Pinus nigra</i>	0,51	0,91	0,65	0,46
<i>Pinus halepensis</i>	0,55	0,96	0,69	0,48
<i>Pinus pinea</i>	0,51	0,9	0,64	0,45
<i>Pinus pinaster</i>	0,44	0,78	0,56	0,39
<i>Pinus radiata</i>	0,46	0,82	0,59	0,41
Coníferes	0,51	0,9	0,64	0,45
Fronloses	0,67	1,15	0,82	0,57



Taula 12: Conversió d'unitats d'energia (2)

	Joule (J)	Caloria (cal)	Kilowatt hora (kWh)	TEP
Joule (J)	1	0,239	$0,278 \cdot 10^{-6}$	$0,239 \cdot 10^{-10}$
Caloria (cal)	4,184	1	$1,162 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-10}$
Kilowatt hora (kWh)	$3,600 \cdot 10^6$	$0,860 \cdot 10^6$	1	$8,60 \cdot 10^{-5}$
Tona equivalent de petroli (TEP)	$41,840 \cdot 10^9$	1010	$11,622 \cdot 10^3$	1

## B - Bibliografia

- (a) : COMMISSION FRANCESCATO, V.; ANTONINI, E.; ZUCCOLI, L. Manual de combustibles de madera. Producción. Requisitos de calidad. Comercialización. Valladolid: AVEBIOM, 2008.
- (b) : RODRÍGUEZ, J. et al. Aprofitament i desembosc de biomassa forestal. [S.l.]: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Centre de la Propietat (CPF)., 2006.
- (c) : AFIB, CTFC. Taules d'equivalències. [S.l.]: [s.n.], 2016.

***Conception et rédaction :***

***Crédits illustrations :***

Page 0 : L.-A. Lagneau © CNPF

Page 1 : S. Gaudin © CNPF

***Maquette :*** Eduter-CNPR

***Édition :*** Juin 2019



Este proyecto fue financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación (comunicación) refleja únicamente la opinión del autor, y la Comisión Europea no es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

## Per més informació contactar amb les entitats sòcies del projecte eforOwn

### Si ets propietari/a forestal

A Bèlgica



A Espanya



A França



### Si ets estudiant o formador/a

A Bèlgica



A Espanya



A França

