

RESERVAS ENERGÉTICAS CORRESPONDIENTES A LA ESPECIE “*Quercus pyrenaica*” EN LA RIOJA Y SU EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO

R. Elvira, M.C. Juárez, L.M. López

Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de La Rioja. Luis de Ulloa, 20.
26004 – Logroño (La Rioja)
Teléfono:941 299 520. Fax:941 299 794
e-mail: manuel.juarez@dim.unirioja.es

RESUMEN

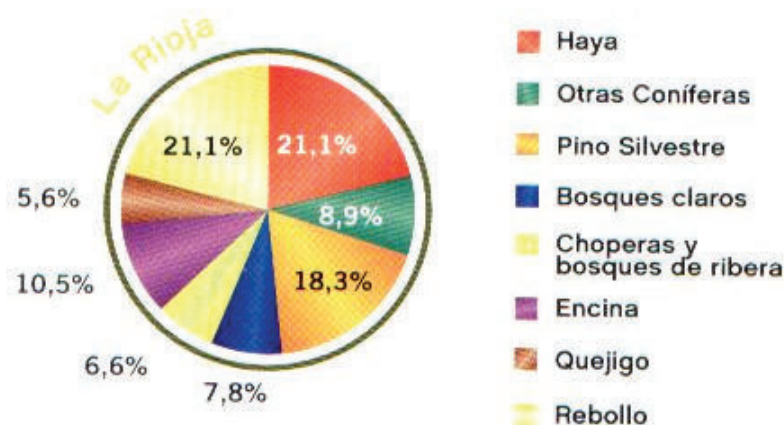
El objetivo de este trabajo es cuantificar las reservas energéticas potenciales de la especie “*Quercus pyrenaica*”, conocida vulgarmente como “rebollo”, y su evolución en el tiempo a lo largo de los tres inventarios forestales realizados. El estudio se ha realizado tanto para la biomasa principal del árbol, como para la llamada biomasa residual (hojas, ramillas), mediante la transformación del dato de volumen obtenido de los inventarios, a biomasa primero y a energía después.

KEYWORDS: estéreo, leña fina, leña gruesa, chasca, rebollo, clase diamétrica, xiloenergética.

1 - INTRODUCCIÓN

Según el Anuario Estadístico de la Comunidad Autónoma de La Rioja, concretamente en datos referidos al año 1995, el rebollo, que es el nombre común de la especie *Quercus pyrenaica*, ocupaba una extensión de 27.228 has, lo que suponía el 22,92 % del total de la superficie forestal de la Comunidad, mientras que las hayas (*Fagus sylvatica*) y bosques mixtos ocupan un 22,90 % de la superficie forestal (27.211 has.) y las encinas (*Quercus ilex*) en las formaciones denominadas “carrascales” un 11,39 % del total de dicha superficie (13.536 has.). Entre las coníferas la más representada es el *Pinus sylvestris* (pino silvestre) ocupando un 19,87 % de la superficie total (23.607 Ha.).

En la actualidad , el “rebollo“ que es el nombre común de la especie *Quercus pyrenaica*, es la especie arbórea que más superficie ocupa en la Comunidad Autónoma siendo evaluada dicha extensión en 34.178 has., sobre un total de 169.552 has. arboladas, lo que representa el 20,16 % del total.



La publicación “Medio Ambiente en La Rioja 2000” referente a la especie que estamos considerando, afirma que el número de pies menores de rebollo ha aumentado en un 57 % en el tiempo transcurrido entre los dos inventarios forestales, mientras que el número de pies mayores ha aumentado un 50 %, a pesar que las condiciones en que vegeta la especie no son las mejores, ya que los terrenos más apropiados son ocupados generalmente por otras especies.

Si atendemos a las estadísticas de producción de madera de dicho Anuario Estadístico de la Comunidad Autónoma de La Rioja, nos encontramos con que las cortas de pino silvestre alcanzan un volumen con corteza de 9.901 m³ y 1.692 m³ de haya, mientras que no figura ningún aprovechamiento maderero de rebollo.

Los datos que proporciona el II Inventario Forestal Nacional (último publicado), confirman lo anteriormente expuesto en cuanto a la superficie ocupada y en cuanto aprovechamientos: 15.497 m³ con corteza para el pino silvestre, 3421 m³ con corteza para el haya y un total de 219 m³ con corteza para el total del género Quercus, mientras que los aprovechamientos de leña, suponen para todo el género 13.979 estéreos*, estando esta cantidad en progresiva disminución a lo largo de los años (45.104 estéreos en 1973, 36.680 estéreos en 1980 y 19.840 estéreos en 1987).

Si la especie objeto de este trabajo es la que ocupa mayor superficie, pero no es objeto de un aprovechamiento maderero, es lógico suponer que se le pueda dar otra utilización, considerando además que el tradicional aprovechamiento de leña va decayendo espectacularmente con el paso de los años, utilización que puede consistir en su uso como combustible en la obtención de energía, integrando por lo tanto el apartado de “Biomasa Forestal Residual” dentro del capítulo de las Energías Renovables.

En tierras riojanas, los rebollares son propios del piso bioclimático supramediterráneo, que ocupa grandes superficies en la sierra en sus dos variantes subhúmedo estricto y subhúmedo de tendencia a seco, junto con algunas penetraciones en el piso supramediterráneo de tendencia oceánica. Se asientan siempre sobre materiales descarbonatados: Elementos silíceos masivos la gran mayoría, glaciares de piedemonte en Cirueña, Sotés y Navarrete, conglomerados sueltos en Sierra La Hez y Yerga, y calizas cretácicas con lavado de carbonatos en los montes Obarenes y Toloño.

Las masas de rebollo más importantes se distribuyen por el valle medio del río Oja, montes de Yuso y de Suso, cuenca alta del Najerilla, cuenca media y alta del Iregua, sierra de Moncalvillo, cuenca alta del Jubera y Sierra La Hez, siendo ya muy escasos en la cuenca del Cidacos y con una presencia testimonial en la cuenca del Alhama (Sierra de Yerga). Son de destacar los rebollares que se adentran en el valle del Ebro, localizados en la Dehesa de Navarrete a 750-800 metros de altitud y muy próximos al propio curso del Ebro.

En el valle del Oja, más abierto a la influencia oceánica, los rebollares descienden hasta los 650 metros en Cirueña, hibridándose con los quejigales de borde y subiendo en altura hasta los 1200 metros. En la cuenca alta del Najerilla, a sotavento de las cumbres de La Demanda y en solana, aparecen desde los 900 hasta los 1.600 m. Entre los 900 – 1.400 (1.600) m. se distribuyen en la cuenca alta del Iregua, descendiendo hasta los 700 m. en la vertiente norte de la sierra de Moncalvillo, en las proximidades de Sotés.

La influencia de la actividad humana es fundamental para explicar el estado actual de los rebollares. Su explotación en monte bajo para la obtención de leñas y carbones, con turnos de corta reducidos (8 – 10 años) y aprovechando la facilidad de rebrote de raíz y cepa, no ha dejado evolucionar los rebollares hacia etapas más estables y maduras. El posterior uso de otras fuentes energéticas, así como la despoblación de

las zonas de montaña, ha originado un abandono de estas prácticas forestales, favoreciendo la formación de masas muy compactas e impenetrables. En algunos montes, la aplicación continuada de claras por lo bajo está permitiendo su transformación en monte alto, al mismo tiempo que se continúa su explotación para leñas y se aumenta su capacidad ganadera.

- * ESTÉREO : Agrupación de leñas que ocupa un volumen aparente de un metro cúbico.
Un estéreo de astillas y restos de *Quercus pyrenaica* pesa aproximadamente 508 kg con una humedad del 20 %.

2 - OBJETIVOS Y MÉTODO EMPLEADO

El objeto de este trabajo es el cálculo de la reserva energética potencial de biomasa forestal residual existente en La Rioja correspondiente a la especie *Quercus pyrenaica*, según los datos de los dos Inventarios Forestales Nacionales realizados y los que figurarán en el tercer inventario, aún no presentado. .

Los datos que proporcionan los inventarios se refieren siempre a volumen, siendo necesaria su transformación a masa para poder aplicar posteriormente el poder calorífico superior correspondiente (PCS) y calcular la reserva energética en kilocalorías o en tep (Toneladas equivalentes de petróleo).

La transformación volumen – masa se hace por aplicación de las fórmulas desarrolladas por J. L. Bengoa en su tesis doctoral “Ecuaciones de estimación de biomasa y volumen” (1999) correspondientes a la especie considerada en este trabajo.

Se ha elegido como variable el diámetro normal (diámetro tomado a 1'30 metros) de altura sobre el suelo porque, dada la menor capacidad predictiva de la altura total, está comprobado que los errores cometidos son mucho menores con el diámetro normal que si se elige como variable la altura total.

Se procederá al calculo para cada clase diamétrica del rebollo (de 10 centímetros a 70 centímetros y superiores con 5 centímetros de intervalo) de PSBT (peso seco de biomasa total), (PSLG peso seco de leña gruesa), PSCH (peso seco de chasca) y PSLF (peso seco de leña fina).

Se considera biomasa forestal residual al peso seco correspondiente a leña fina más el peso seco de las ramillas y hojas como componentes de la chasca.

Asimismo se calculará el potencial energético teórico de la chasca como estimador del aumento anual del potencial energético teórico de la especie.

El paso de peso seco de biomasa residual a energía potencial disponible se hace por la aplicación del PCS ,poder calorífico superior anhidro (correspondiente a materia seca) facilitado por el IER (Instituto para las Energías Renovables), tal como recomienda repetidas veces en sus trabajos de investigación sobre xiloenergética Francisco Marcos Martín .

- * CHASCA : Es el conjunto de hojas y ramillas (diámetro menor de 2'5 cm.) , aceptándose en peso seco una composición de 30 % de hojas y 70 % de ramillas .
- * LEÑA FINA : Leña cuyo diámetro está comprendido entre 2'5 y 7 cm .

- * LEÑA GRUESA : Leña cuyo diámetro está comprendido entre 7 cm. y el diámetro maderable

3 - CÁLCULO DEL VALOR DE LA ENERGÍA TEÓRICA DISPONIBLE EN LOS TRES INVENTARIOS POR TODOS LOS CONCEPTOS

Una vez obtenido el peso seco de biomasa en todos los apartados (PSBT , PSLG, PSCH , PSLF y PSCH + PSLF) , para su paso a unidades energéticas (tep y kcal), emplearemos como factor de conversión el PCLS (Poder calorífico superior anhidro) que el IDAE facilita en su Manual de las Energías Renovables nº 5 , correspondiente a la biomasa y concretamente a las leñas y ramas de frondosas , cuyo valor es de 0 '46 tep / tm de materia seca.

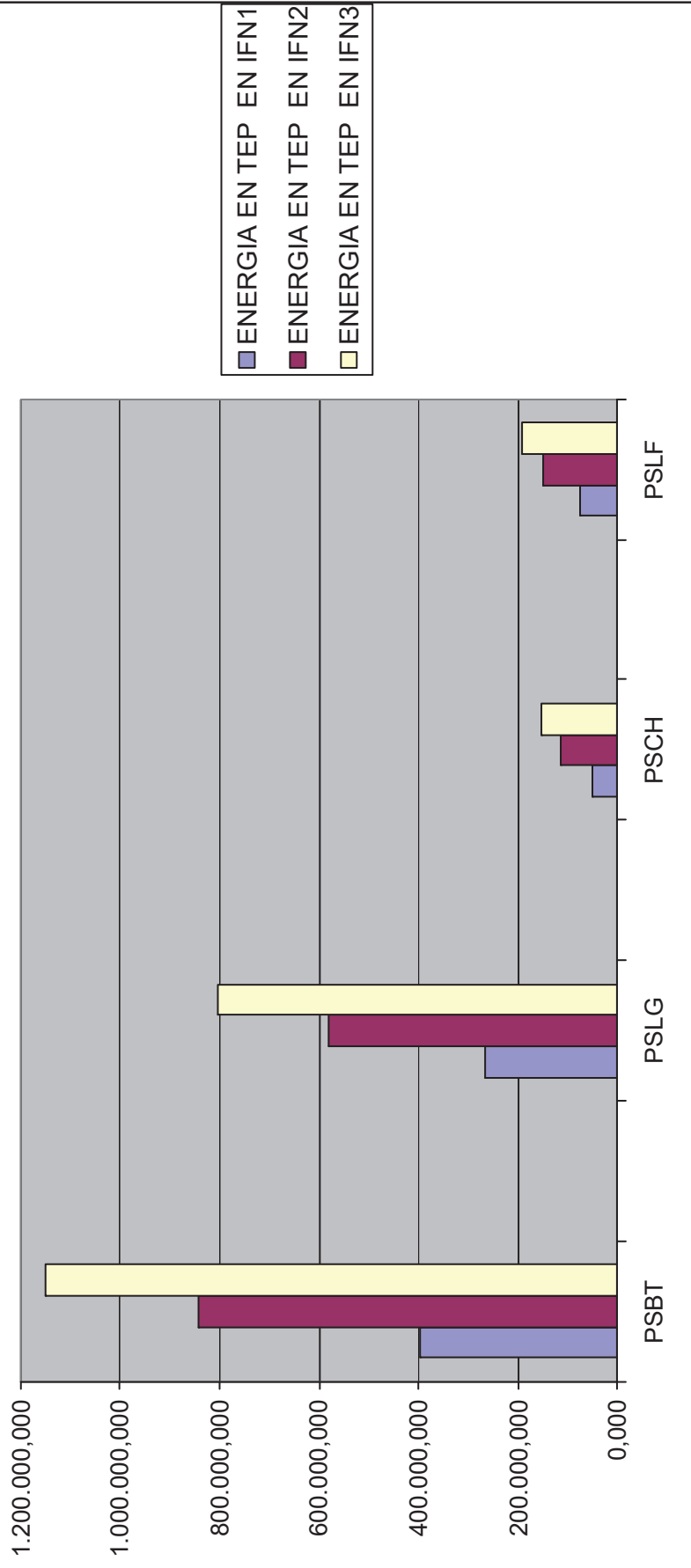
Se puede resaltar que el potencial energético de la chasca , considerada como biomasa anual , toma un valor de 113.562 '575 tep en el IFN2 y de 51.722 '147 tep en el IFN1 , siendo por lo tanto la diferencia de 61.840 '428 tep , lo que sugiere que es una especie susceptible de un aprovechamiento mucho mayor que el desarrollado hasta ahora , y que cumple por sí misma el objetivo energético marcado por el ``Plan de fomento de las Energías renovables`` en el período 1999 – 2010 para la Comunidad autónoma de La Rioja es de un aprovechamiento de 4.080 tep provenientes de residuos forestales .

La biomasa forestal residual es evaluada en el concepto PSCH + PSLF , tomando valores de 262.471'344 tep en IFN2 y de 128.592'449 tep en IFN1 , confirmando la diferencia entre ambos inventarios (233.878'896 tep) el razonamiento anterior.

Los datos de biomasa por cada clase diamétrica , son transformados en tep para cada uno de los conceptos : PSBT , PSLG , PSCH , PSLF y PSCH + PSLF , confirmando los razonamientos del punto anterior , resaltando el dato curioso del incremento negativo de la clase diamétrica de 45 cm. (-5.899'9 tep) entre ambos inventarios forestales , lo que indica que ha sido en el intervalo de tiempo comprendido entre ambos inventarios el tipo de árbol sometido a mayor aprovechamiento.

El estudio de las representaciones gráficas de cada uno de los conceptos , confirman que la mayor reserva de energía se encuentra en los ejemplares de menor clase diamétrica (por su mayor número de pies) , descendiendo dicha reserva conforme va aumentando la clase diamétrica (muy acusadamente al principio) , habiendo una tendencia a la confluencia de los gráficos en ambos inventarios en todos los conceptos para las clases diamétricas a partir de 30 cm. y mayores.

COMPARATIVA DE ENERGIA DISPONIBLE ENTRE INVENTARIOS



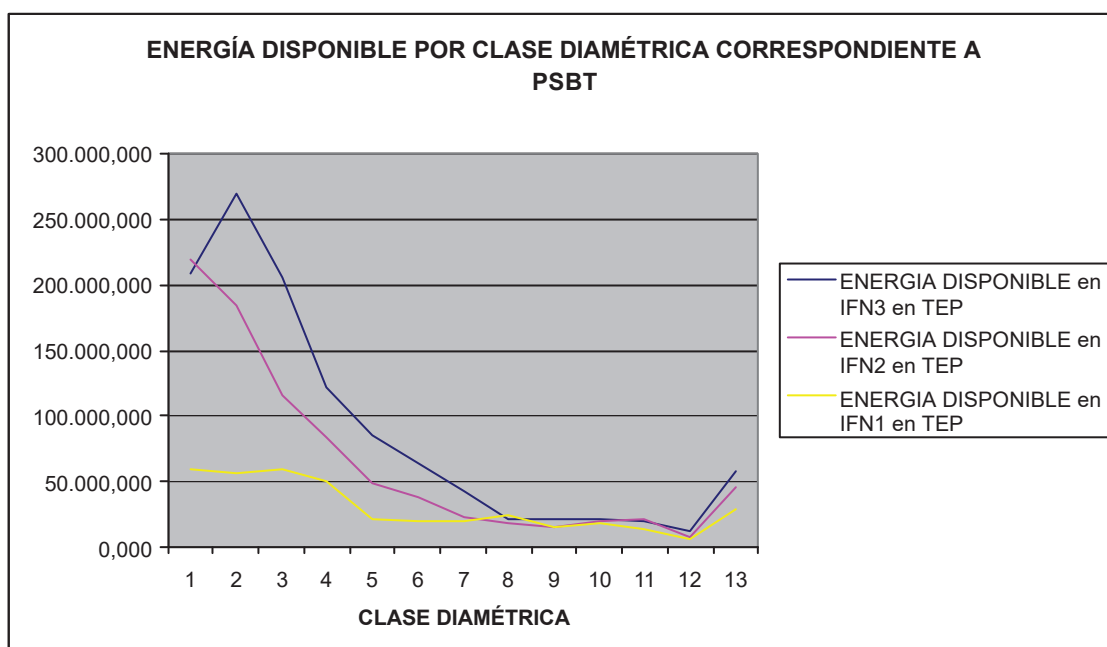
CONCEPTO	ENERGIA EN TEP EN IFN1	ENERGIA EN TEP EN IFN2	ENERGIA EN TEP EN IFN3	DIFERENCIA DE ENERGIA DISPONIBLE EN TEP ENTRE IFN2 Y IFN1	DIFERENCIA DE ENERGIA DISPONIBLE EN TEP ENTRE IFN3 Y IFN2
PSBT	395.650,669	842.905,398	1.150.007,249	447.254,729	307.101,851
PSLG	267.058,220	580.434,053	805.428,555	313.375,834	224.994,501
PSCH	51.722,147	113.562,575	152.621,289	61.840,428	39.058,715
PSLF	76.870,301	148.908,769	191.957,404	72.038,468	43.048,635
PSCH + PSLF	128.592,449	262.471,344	344.578,694	133.878,896	82.107,350

3 – a) CÁLCULO DEL PSBT (peso seco de biomasa total) POR CLASES DIAMÉTRICAS Y ENERGÍA DISPONIBLE

La fórmula a emplear es : $PSBT = 0'15 + 0'10300 \cdot (D)^{2'39824}$ Donde :

“ PSBT ” : Representa el peso seco de biomasa total en kg.

“ D ” : Representa el diámetro de la clase diamétrica correspondiente en cm.



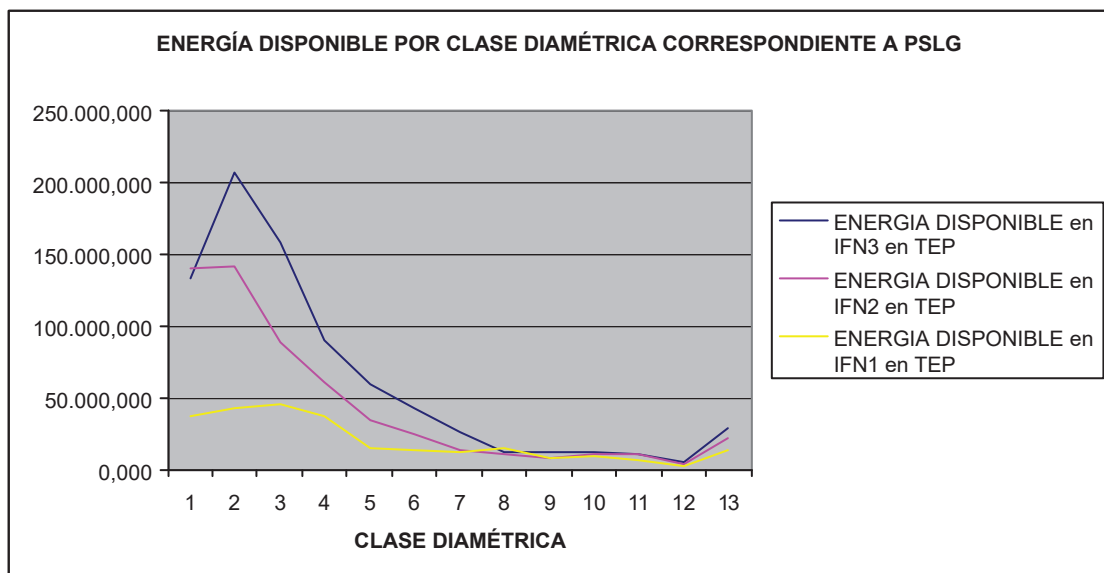
CLASE DIAMÉTRICA en cm.	PSBT EN IFN3 en Tm.	PSBT EN IFN2 en Tm.	PSBT EN IFN1 en Tm.	ENERGIA DISPONIBLE en IFN3 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE en IFN2 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE en IFN1 en TEP
10	451.916,692	476.127,778	128.781,487	207.881,679	219.018,778	59.239,484
15	586.463,604	400.190,866	123.622,767	269.773,258	184.087,798	56.866,473
20	447.022,282	251.656,702	129.113,360	205.630,250	115.762,083	59.392,146
25	266.094,490	180.921,653	109.040,157	122.403,465	83.223,960	50.158,472
30	185.581,742	107.802,763	46.703,829	85.367,601	49.589,271	21.483,761
35	137.967,450	81.486,351	43.822,184	63.465,027	37.483,721	20.158,205
40	91.678,114	50.480,440	44.124,257	42.171,932	23.221,002	20.297,158
45	45.535,621	41.242,227	54.068,027	20.946,386	18.971,424	24.871,292
50	45.679,719	34.052,245	33.222,069	21.012,671	15.664,033	15.282,152
55	47.304,207	43.539,355	40.432,880	21.759,935	20.028,103	18.599,125
60	43.865,182	46.643,174	30.546,304	20.177,984	21.455,860	14.051,300
65	25.838,362	17.750,974	13.423,470	11.885,647	8.165,448	6.174,796
70 y más	125.068,292	100.508,510	63.209,358	57.531,414	46.233,915	29.076,305
TOTAL	2.500.015.758,325	1.832.403,038	860.110,149	1.150.007,249	842.905,398	395.650,669

3 – b) CÁLCULO DEL PSLG (peso seco de leña gruesa) POR CLASES DIAMÉTRICAS Y ENERGÍA DISPONIBLE

La fórmula a emplear es : $PSLG = 0'79926 \cdot (D - 4'5)^{1'78078}$ Donde :

“ PSLG ” : Representa el peso seco de leña gruesa en kg.

“ D ” : Representa el diámetro de la clase diamétrica correspondiente en cm.



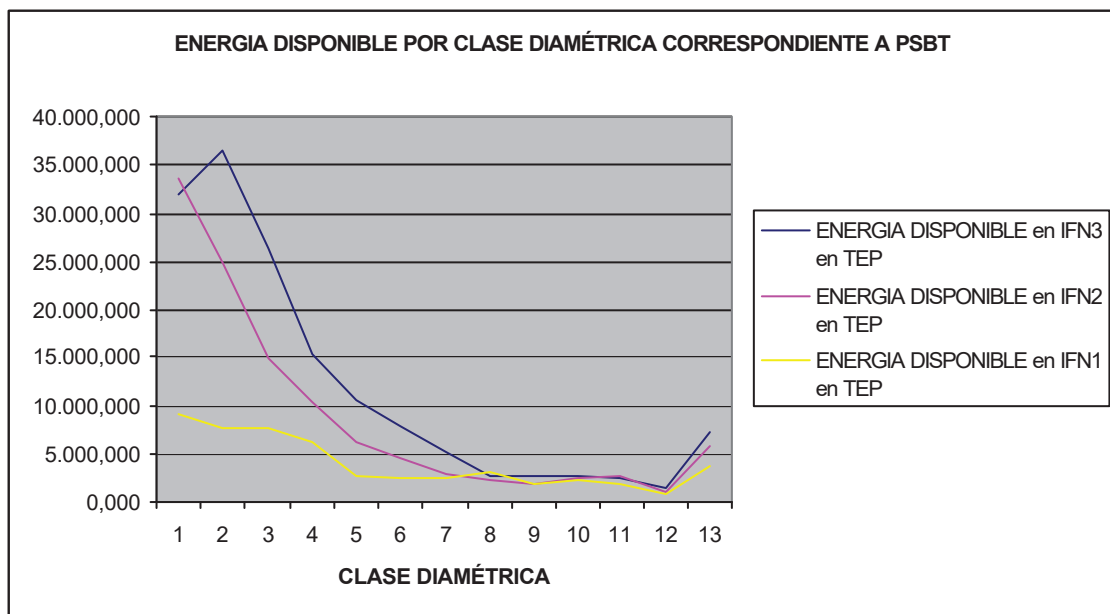
CLASE DIAMÉTRICA en cm.	PSLG EN IFN3 en Tm.	PSLG EN IFN2 en Tm.	PSLG EN IFN1 en Tm.	ENERGIA DISPONIBLE en IFN3 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE en IFN2 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE en IFN1 en TEP
10	289.971,155	305.506,134	82.632,302	133.386,731	140.532,822	38.010,859
15	451.735,857	308.255,385	95.223,022	207.798,494	141.797,477	43.802,590
20	345.955,871	194.760,121	99.922,368	159.139,701	89.589,656	45.964,289
25	198.490,020	134.956,356	81.337,209	91.305,409	62.079,924	37.415,116
30	131.897,148	76.617,866	33.193,469	60.672,688	35.244,218	15.268,996
35	93.207,574	55.050,268	29.605,240	42.875,484	25.323,123	13.618,410
40	58.925,074	32.445,734	28.360,369	27.105,534	14.925,038	13.045,770
45	27.902,313	25.271,501	33.130,612	12.835,064	11.624,891	15.240,082
50	26.749,767	19.940,789	19.454,643	12.304,893	9.172,763	8.949,136
55	26.538,192	24.426,067	22.683,300	12.207,568	11.235,991	10.434,318
60	23.631,336	25.127,914	16.456,104	10.870,415	11.558,841	7.569,808
65	13.396,265	9.203,244	6.959,588	6.162,282	4.233,492	3.201,411
70 y más	62.531,068	50.251,781	31.603,123	28.764,291	23.115,819	14.537,437
TOTAL	1.750.931,641	1.261.813,160	580.561,348	805.428,555	580.434,053	267.058,220

3 – c) CÁLCULO DEL PSCH (peso seco de chasca) POR CLASES DIAMÉTRICAS Y ENERGÍA DISPONIBLE

La fórmula a emplear es : $PSCH = 0'0047178 \cdot (D + 3)^{2'589}$ Donde :

`` PSCH `` : Representa el peso seco de chasca en kg.

`` D `` : Representa el diámetro de la clase diamétrica correspondiente en cm.

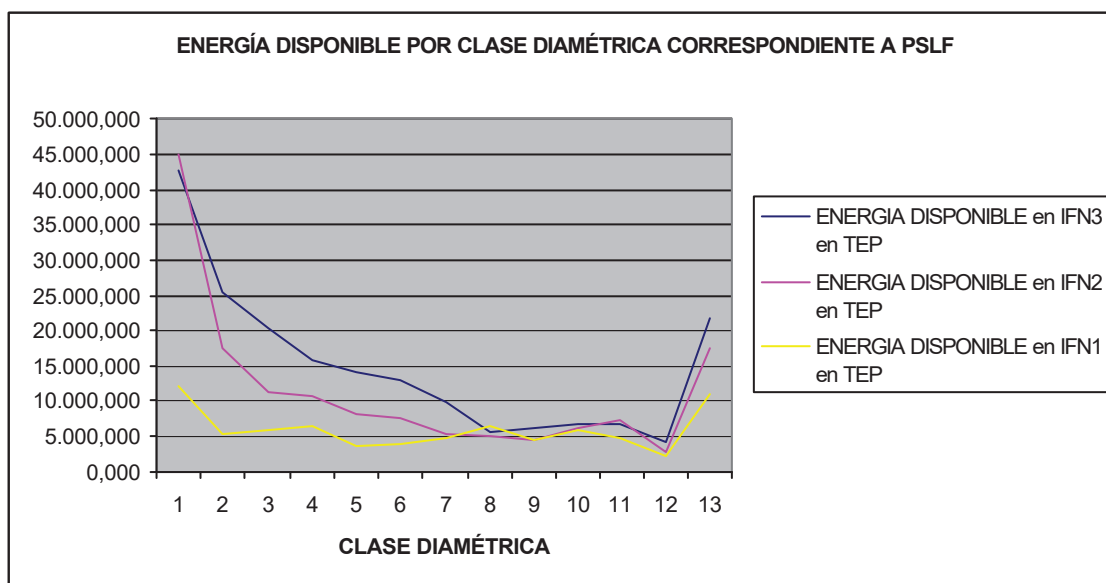


CLASE DIAMÉTRICA en Cm.	PSCH EN IFN3 en Tm.	PSCH EN IFN2 en Tm.	PSCH EN IFN1 en Tm.	ENERGIA DISPONIBLE en IFN3 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE en IFN2 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE en IFN1 en TEP
10	69.305,854	73.018,861	19.749,903	31.880,693	33.588,676	9.084,955
15	79.270,291	54.092,438	16.709,669	36.464,334	24.882,522	7.686,448
20	57.233,993	32.220,581	16.530,883	26.327,637	14.821,467	7.604,206
25	33.214,264	22.582,878	13.610,536	15.278,561	10.388,124	6.260,846
30	22.896,454	13.300,344	5.762,162	10.532,369	6.118,158	2.650,595
35	16.948,775	10.010,287	5.383,388	7.796,437	4.604,732	2.476,359
40	11.260,902	6.200,556	5.419,821	5.180,015	2.852,256	2.493,117
45	5.606,462	5.077,848	6.656,993	2.578,972	2.335,810	3.062,217
50	5.646,191	4.208,990	4.106,377	2.597,248	1.936,135	1.888,933
55	5.875,408	5.407,795	5.021,956	2.702,688	2.487,586	2.310,100
60	5.477,946	5.824,866	3.814,666	2.519,855	2.679,438	1.754,746
65	3.245,442	2.229,621	1.686,062	1.492,903	1.025,626	775,589
70 y más	15.803,432	12.700,096	7.987,034	7.269,578	5.842,044	3.674,036
TOTAL	331.785,412	246.875,163	112.439,451	152.621,289	113.562,575	51.722,147

3 – d) CÁLCULO DEL PSLF (peso seco de leña fina) POR CLASES DIAMÉTRICAS Y ENERGÍA DISPONIBLE

La fórmula a emplear es : $PSLF = PSBT - PSLG - PSCH$ Donde :

- `` PSLF `` : Representa el peso seco de leña fina en kg.
- `` PSBT `` : Representa el peso seco de biomasa total en kg.
- `` PSCH `` : Representa el peso seco de chasca en kg.
- `` PSLG `` : Representa el peso seco de leña gruesa en kg.



CLASE DIAMÉTRICA en cm.	PSLF EN IFN3 en Tm.	PSLF EN IFN2 en Tm.	PSLF EN IFN1 en Tm.	ENERGIA DISPONIBLE en IFN3 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE en IFN2 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE en IFN1 en TEP
10	92.639,683	97.602,782	26.399,282	42.614,254	44.897,280	12.143,670
15	55.457,456	37.843,043	11.690,076	25.510,430	17.407,800	5.377,435
20	43.832,419	24.676,000	12.660,109	20.162,913	11.350,960	5.823,650
25	34.390,206	23.382,419	14.092,413	15.819,495	10.755,913	6.482,510
30	30.788,140	17.884,553	7.748,198	14.162,544	8.226,894	3.564,171
35	27.811,101	16.425,796	8.833,556	12.793,106	7.555,866	4.063,436
40	21.492,138	11.834,150	10.344,068	9.886,383	5.443,709	4.758,271
45	12.026,847	10.892,878	14.280,422	5.532,350	5.010,724	6.568,994
50	13.283,761	9.902,467	9.661,049	6.110,530	4.555,135	4.444,083
55	14.890,608	13.705,492	12.727,624	6.849,679	6.304,526	5.854,707
60	14.755,900	15.690,395	10.275,535	6.787,714	7.217,581	4.726,746
65	9.196,655	6.318,109	4.777,819	4.230,461	2.906,330	2.197,797
70 y más	46.733,792	37.556,632	23.619,200	21.497,544	17.276,051	10.864,832
TOTAL	417.298,705	323.714,716	167.109,351	191.957,404	148.908,769	76.870,301

CLASE DIAMÉTRICA en cm.	PSCH+PSLF EN IFN3 en Tm.	PSCH+PSLF EN IFN2 en Tm.	PSCH+PSLF EN IFN1 en Tm.	ENERGIA DISPONIBLE EN IFN3 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE EN IFN2 en TEP	ENERGIA DISPONIBLE EN IFN1 en TEP
10	161.945,537	170.621,644	46.149,185	74.494,947	78.485,956	21.228,625
15	134.727,747	91.935,481	28.399,745	61.974,764	42.290,321	13.063,883
20	101.066,411	56.896,582	29.190,992	46.490,549	26.172,428	13.427,856
25	67.604,469	45.965,297	27.702,949	31.098,056	21.144,037	12.743,357
30	53.684,594	31.184,897	13.510,360	24.694,913	14.345,053	6.214,766
35	44.759,876	26.436,083	14.216,944	20.589,543	12.160,598	6.539,794
40	32.753,040	18.034,706	15.763,888	15.066,398	8.295,965	7.251,388
45	17.633,309	15.970,726	20.937,415	8.111,322	7.346,534	9.631,211
50	18.929,952	14.111,456	13.767,426	8.707,778	6.491,270	6.333,016
55	20.766,016	19.113,288	17.749,580	9.552,367	8.792,112	8.164,807
60	20.233,846	21.515,260	14.090,201	9.307,569	9.897,020	6.481,492
65	12.442,097	8.547,730	6.463,882	5.723,365	3.931,956	2.973,386
70 y más	62.537,224	50.256,729	31.606,234	28.767,123	23.118,095	14.538,868
TOTAL	749.084,117	570.589,879	279.548,801	344.578,694	262.471,344	128.592,448