



LA IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES COMO SUMIDEROS DE CO₂

GREGORIO MONTERO **CIFOR-INIA**

Ricardo Ruiz-Peinado

CIFOR-INIA

**Bosques y Cambio Climático
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes
Madrid, 30 de Mayo de 2007**

DATOS GENERALES

COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

- NITRÓGENO 78,3 %
- ÓXÍGENO 21,0 %
- ARGÓN 0,3 %
- CO₂ 0,03 %
- Otros gases 0,37 %

75 % de los GEI

PARA MITIGAR → OPCIONES FORESTALES

• **CONSERVACIÓN:** Protección contra

- Deforestación
- Incendios

• **GESTIÓN SOSTENIBLE:**

- Estrat. selvícolas opt. fijación CO₂
- Selvicultura preventiva: Incendios

• **REFORESTACIÓN**

• **PLANTACIONES ENERGÉTICAS**

• **FOMENTO SISTEMAS AGROFORESTALES**

CARBONO TOTAL EN EL BOSQUE (Ct)

OBJETIVO: Conocer la cuantía de los diferentes almacenes de carbono para gestionarlos

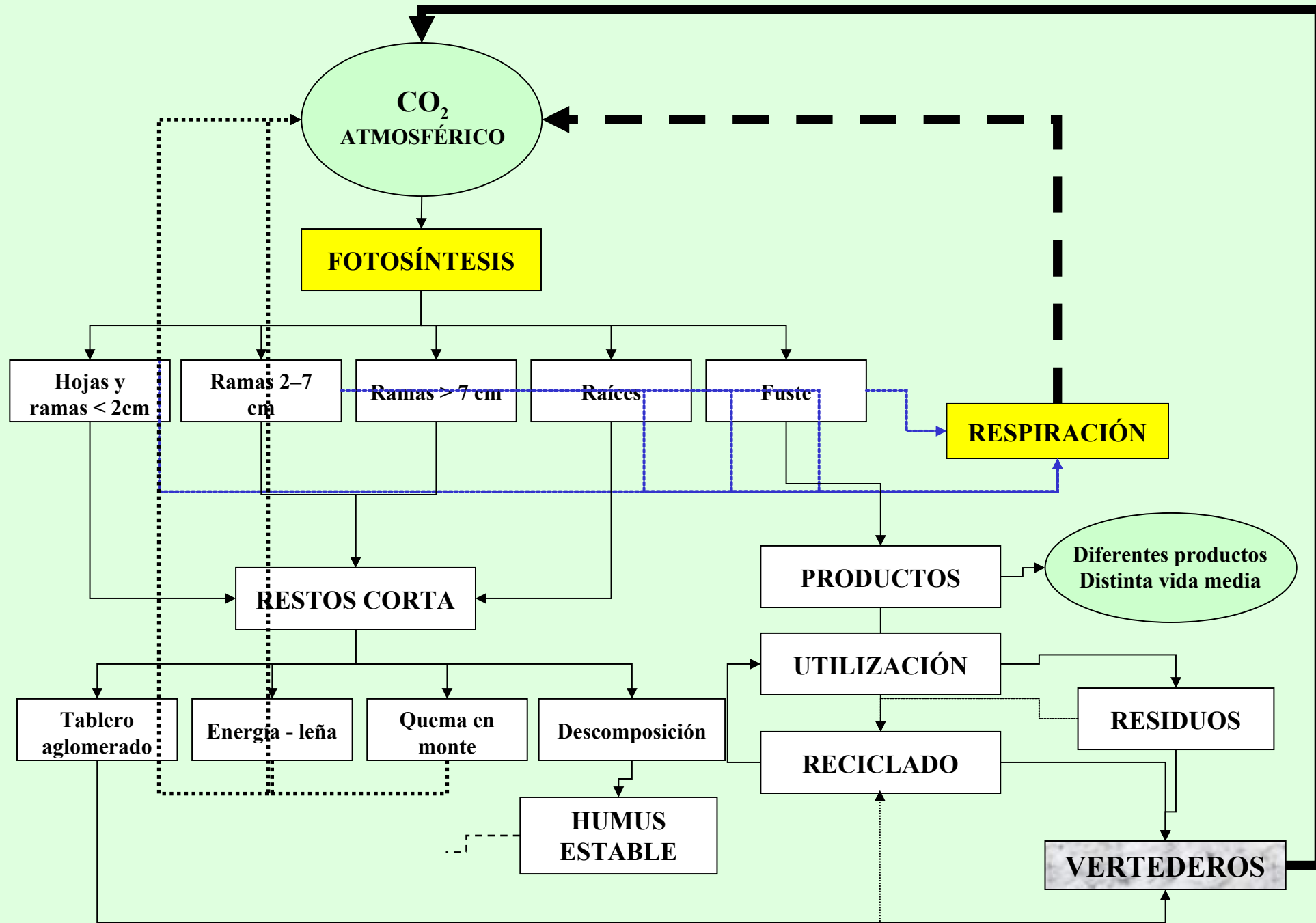
$$C_t = C_v + C_d + C_s + C_p + C_f$$

INTERVENCIÓN
SELVÍCOLA-
POLÍTICA

INTERVENCIÓN SELVICOLA-
TÉCNICA-POLÍTICA

INTERVENCIÓN SELVÍCOLA





LOS BOSQUES COMO SUMIDEROS DE CARBONO

- *Pinus halepensis*
- *Pinus nigra*
- *Pinus pinaster*
- *Pinus pinea*
- *Pinus sylvestris*
- *Pinus uncinata*
- *Pinus canariensis*
- *Pinus radiata*
- *Quercus canariensis*
- *Quercus faginea*
- *Quercus ilex*
- *Quercus pyrenaica*
- *Quercus robur y petraea*
- *Quercus suber*
- *Alnus glutinosa*
- *Betula spp.*
- *Castanea sativa*
- *Ceratonia siliqua*
- *Eucalyptus spp.*
- *Fagus sylvatica*
- *Fraxinus spp.*
- *Olea europaea*
- *Populus spp.*
- *Abies alba*
- *Abies pinsapo*
- *Juniperus thurifera*
- *Juniperus oxycedrus*
- *Juniperus phoenicea*
- *Laurus azorica*
- *Ilex canariensis*
- *Myrica faya*
- *Erica arborea*

32 especies estudiadas



















VALORES MODULARES

- Peso en seco de las diferentes fracciones de biomasa
- Ajuste estadístico de modelos

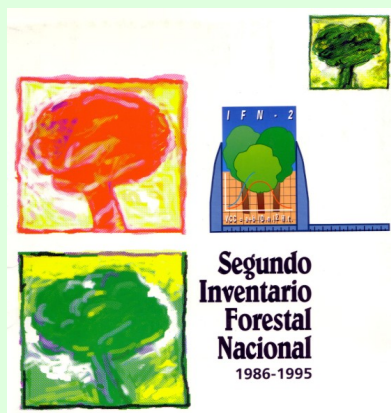
$$\log y = a + b \cdot \log d$$

- Corrección del sesgo logarítmico (Sprugel, 1983)

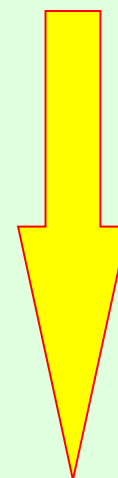
$$CF = \exp (SEE^2/2)$$



VALORES MODULARES



→ **Incrementos en
diámetro** + **Modelos
ajustados**



**Valores modulares de incremento anual por
fracciones de biomasa y por CD**



VALORES MODULARES DE BIOMASA

(*Pinus sylvestris*)

Valores modulares de las distintas fracciones de biomasa (kg materia seca) en España para *Pinus sylvestris* L.

CD (cm)	Biomasa aérea					Biomasa radical	Biomasa total	
	Fuste	Ramas			Acículas			Total aérea
		R>7 cm	R 2-7 cm	R < 2 cm				
5	1,4	-	0,5	1,3	0,9	4,1	0,7	4,8
10	11,3	-	2,7	4,4	3,3	21,8	4,6	26,4
15	36,0	-	6,8	8,7	6,5	57,9	13,4	71,4
20	79,5	-	12,7	13,5	10,2	116,0	28,6	144,6
25	143,6	1,9	20,3	18,7	14,1	198,6	51,4	250,1
30	231,6	4,6	29,5	24,3	18,3	308,3	83,1	391,4
35	344,8	9,5	40,2	30,1	22,7	447,2	124,5	571,8
40	484,1	17,6	52,4	36,0	27,1	617,1	176,9	794,0
45	650,3	30,2	65,8	41,9	31,6	819,9	241,1	1.061,0
50	843,7	48,9	80,4	48,0	36,2	1.057,1	318,0	1.375,1
55	1.064,3	75,3	96,1	54,0	40,7	1.330,3	408,6	1.738,9
60	1.311,7	111,3	112,7	59,9	45,2	1.641,0	513,6	2.154,5
65	1.585,6	159,1	130,2	65,8	49,7	1.990,4	633,8	2.624,2
70	1.884,9	221,0	148,4	71,6	54,0	2.380,0	770,1	3.150,1

VALORES MODULARES DE INCREMENTO ANUAL DE BIOMASA (*Pinus sylvestris*)

Valores modulares de incremento anual de biomasa (kg de materia seca) para *Pinus sylvestris* L.

CD (cm)	Biomasa aérea					Biomasa radical	Biomasa total	
	Fuste	Ramas			Acículas			Total aérea
		R>7 cm	R 2-7 cm	R < 2 cm				
5	0,4	0,0	0,1	0,2	0,1	0,9	0,2	1,0
10	1,5	0,0	0,2	0,3	0,2	2,2	0,5	2,7
15	4,0	0,0	0,5	0,5	0,4	5,3	1,3	6,6
20	6,2	0,0	0,7	0,5	0,4	7,8	2,1	9,9
25	9,2	0,2	0,9	0,6	0,4	11,3	3,2	14,4
30	11,8	0,3	1,0	0,6	0,5	14,3	4,2	18,4
35	8,5	0,3	0,7	0,4	0,3	10,1	3,1	13,2
40	10,4	0,6	0,8	0,4	0,3	12,4	3,8	16,2
45	11,7	0,8	0,8	0,4	0,3	13,9	4,4	18,4
50	13,6	1,2	0,9	0,4	0,3	16,3	5,3	21,6
55	13,5	1,4	0,8	0,3	0,3	16,4	5,4	21,8
60	14,8	1,8	0,9	0,3	0,3	18,1	6,1	24,2
65	12,5	1,8	0,7	0,3	0,2	15,6	5,3	20,9
70	16,7	2,9	0,9	0,3	0,2	21,0	7,3	28,4

BIOMASA ACUMULADA POR FRACCIONES PARA ESPAÑA (*Pinus sylvestris*)

Biomasa total (toneladas de materia seca) en España para <i>Pinus sylvestris</i> L.									
CD (cm)	Nº pies	Biomasa aérea						Biomasa radical	Biomasa total
		Fuste	Ramas			Acículas	Total aérea		
			R > 7 cm	R 2-7 cm	R < 2 cm				
5	319.144.639	446.580	-	157.162	400.641	302.289	1.306.672	238.814	1.545.486
10	228.119.447	2.584.085	-	613.742	1.010.432	762.327	4.970.586	1.055.517	6.026.103
15	167.557.590	6.026.995	-	1.137.332	1.449.878	1.093.821	9.708.027	2.250.645	11.958.672
20	106.052.800	8.427.351	-	1.350.835	1.436.271	1.083.522	12.297.979	3.034.277	15.332.256
25	57.169.009	8.207.109	111.209	1.159.114	1.070.608	807.646	11.355.686	2.940.445	14.296.131
30	31.315.299	7.253.701	144.026	923.799	760.563	573.743	9.655.832	2.600.936	12.256.768
35	17.380.890	5.992.684	164.360	699.297	522.384	394.062	7.772.787	2.164.755	9.937.542
40	8.898.032	4.307.613	156.293	465.993	319.983	241.376	5.491.258	1.574.191	7.065.448
45	3.958.589	2.574.252	119.549	260.481	166.057	125.262	3.245.601	954.451	4.200.052
50	1.903.508	1.605.945	93.007	153.073	91.310	68.877	2.012.212	605.393	2.617.605
55	870.378	926.305	65.506	83.645	46.984	35.441	1.157.880	355.621	1.513.501
60	371.334	487.093	41.336	41.866	22.260	16.791	609.346	190.708	800.054
65	123.325	195.539	19.624	16.061	8.119	6.124	245.468	78.167	323.635
70	161.412	304.250	35.665	23.961	11.560	8.719	384.155	124.309	508.464
PESO TOTAL (TON)		49.339.503	950.575	7.086.361	7.317.050	5.520.000	70.213.490	18.168.228	88.381.717

INCREMENTO DE BIOMASA POR FRACCIONES PARA ESPAÑA (*Pinus sylvestris*)

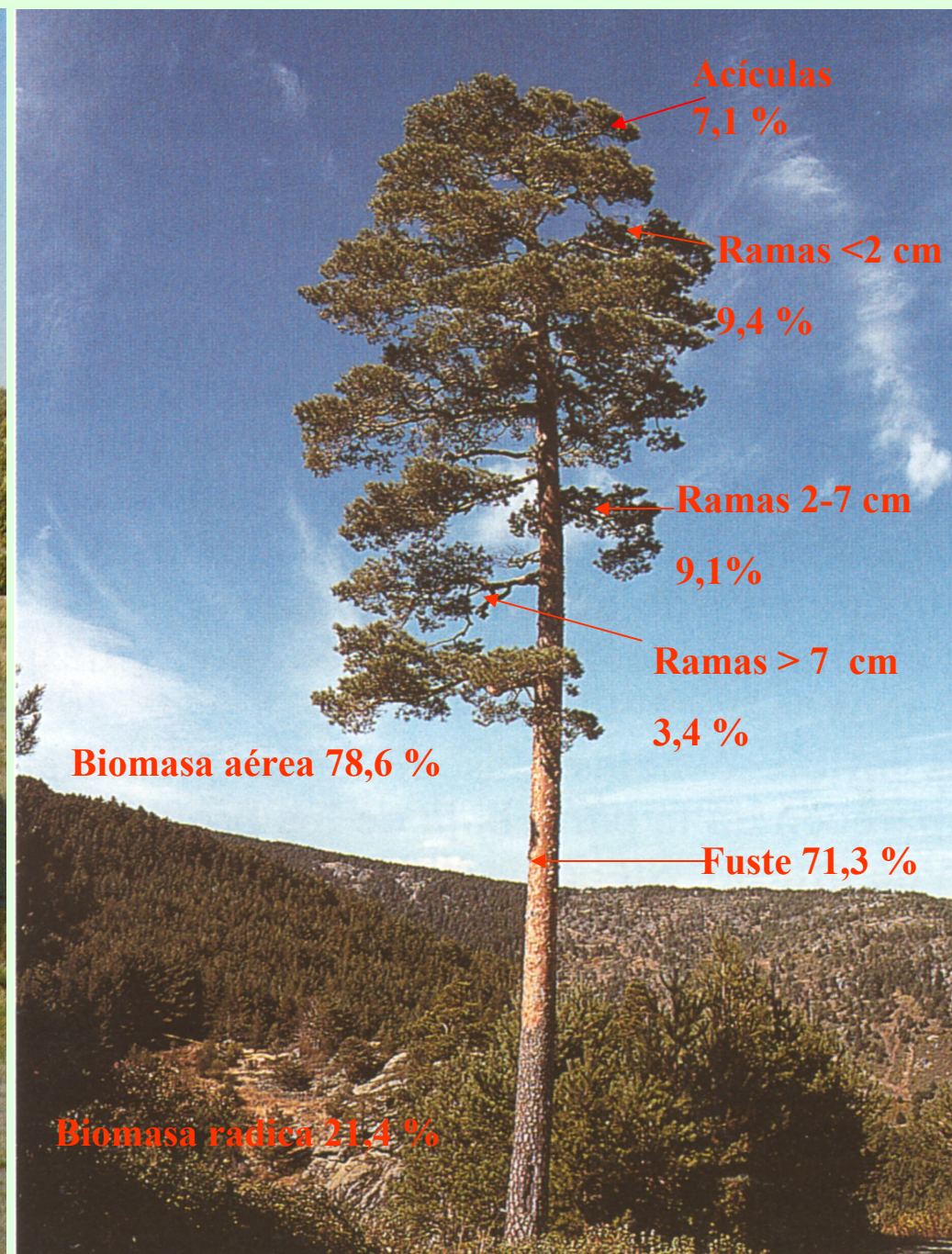
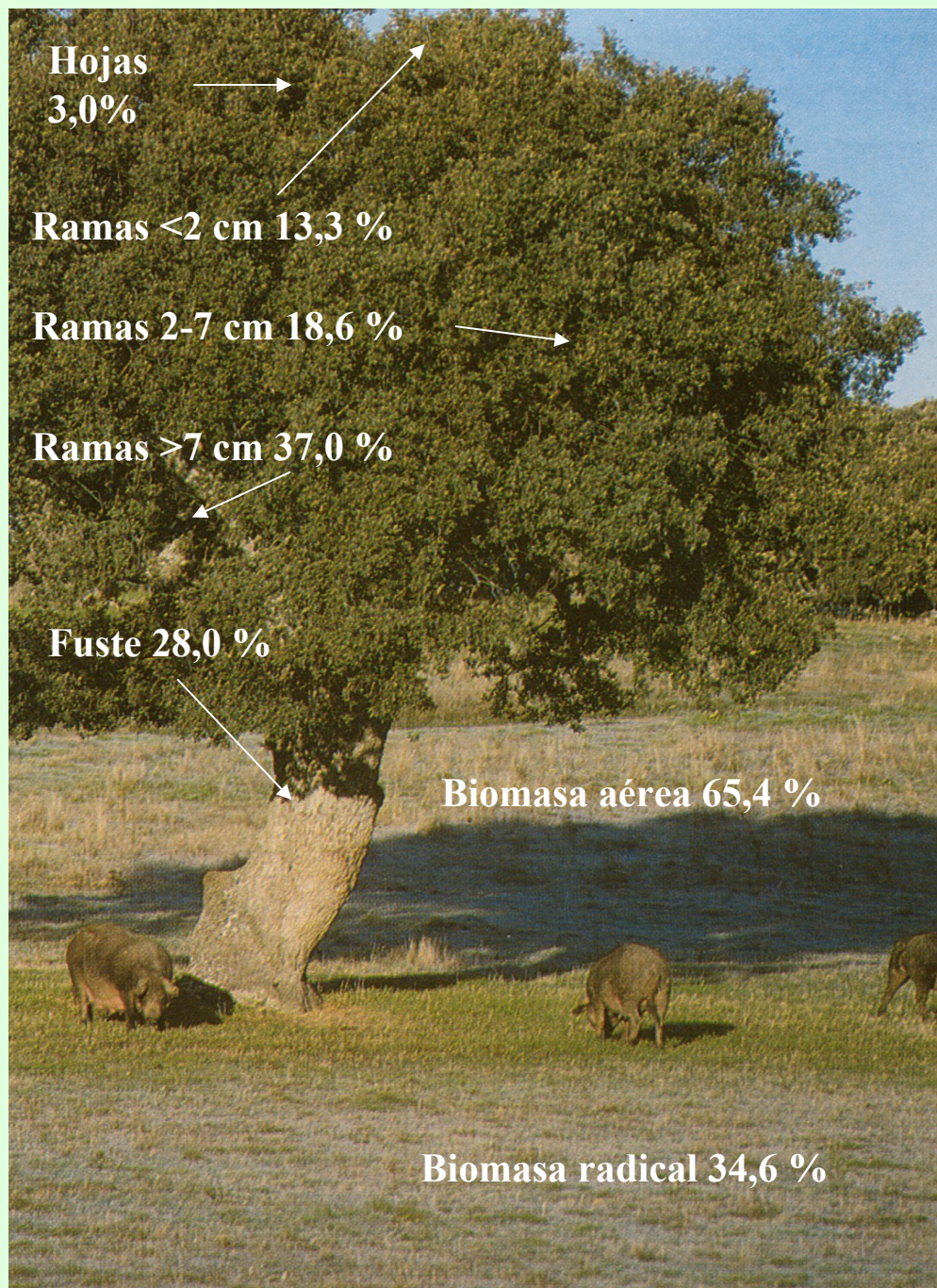
Incremento total de biomasa (toneladas de materia seca) en España para <i>Pinus sylvestris</i> L.									
CD (cm)	Nº pies	Biomasa aérea						Biomasa radical	Biomasa total
		Fuste	Ramas			Acículas	Total aérea		
			R > 7 cm	R 2-7 cm	R < 2 cm				
5	319.144.639	137.262	-	32.353	59.209	44.668	273.493	54.434	327.927
10	228.119.447	337.086	-	54.259	64.967	49.008	505.320	116.331	621.651
15	167.557.590	662.426	-	84.819	78.742	59.397	885.384	222.424	1.107.809
20	106.052.800	661.846	-	72.179	56.055	42.282	832.363	222.311	1.054.674
25	57.169.009	523.309	10.613	50.349	34.016	25.657	643.944	180.410	824.355
30	31.315.299	369.590	10.933	32.105	19.360	14.602	446.590	130.095	576.684
35	17.380.890	147.274	5.956	11.755	6.451	4.866	176.302	53.044	229.346
40	8.898.032	92.361	4.935	6.836	3.450	2.602	110.184	34.119	144.304
45	3.958.589	46.189	3.155	3.199	1.499	1.131	55.174	17.524	72.697
50	1.903.508	25.819	2.198	1.685	739	557	30.998	10.072	41.070
55	870.378	11.774	1.222	728	301	227	14.252	4.727	18.979
60	371.334	5.499	684	324	127	96	6.729	2.274	9.003
65	123.325	1.547	227	87	32	24	1.919	660	2.578
70	161.412	2.695	463	145	52	39	3.394	1.186	4.580
INCREMENTO TOTAL (TON)		3.024.676	40.388	350.823	325.001	245.159	3.986.046	1.049.610	5.035.656

BALANCE DE FIJACIÓN NETA DE CO₂ PARA ESPAÑA (*Pinus sylvestris*)

	Biomasa aérea (Miles de Toneladas)	Biomasa radical (Miles de Toneladas)	TOTAL (Miles de Toneladas)
TOTAL CO ₂ fijado en 1990 (TF)	131.160	33.939	165.100
CO ₂ fijado anualmente (FA)	7.446	1.961	9.407
CO₂ extraído por cortas (EX)	724	187	911
Fijación neta anual de CO ₂ (FA-EX)	6.722	1.774	8.496
TOTAL CO ₂ fijado en 2004 (TF + 14 FA- 14 EX)	225.268	58.775	284.044

BALANCE DE FIJACIÓN NETA DE CO₂ PARA ESPAÑA (*Quercus ilex*)

	Biomasa aérea (Miles de Toneladas)	Biomasa radical (Miles de Toneladas)	TOTAL (Miles de Toneladas)
TOTAL CO ₂ fijado en 1990 (TF)	187.850	134.669	322.519
CO ₂ fijado anualmente (FA)	7.516	5.943	13.459
CO ₂ extraído por cortas (EX)	No hay datos	No hay datos	No hay datos
Fijación neta anual de CO ₂ (FA-EX)	7.516	5.943	13.459
TOTAL CO ₂ fijado en 2004 (TF + 14 FA- 14 EX)	293.074	217.871	510.945



Distribución de la biomasa acumulada en 2004 y del crecimiento neto anual de biomasa por grupos de especies en los bosques españoles (toneladas de materia seca)

	Total fijado en 2004	%	Incremento neto anual	%
Frondosas	1.020.301.565	64,0	27.374.417	65,2
Coníferas	567.189.962	35,6	14.502.362	34,5
Laurisilva y Fayal-Brezal	5.733.086	0,4	106.168	0,3
TOTAL	1.593.224.612		41.982.947	

Distribución de CO₂ acumulado en 2004 y de la fijación neta de CO₂ por grupos de especies en los bosques españoles (toneladas)

	Total fijado en 2004	%	Fijación neta anual	%
Frondosas	1.796.011.591	62,8	48.092.816	64,0
Coníferas	1.051.736.508	36,8	26.855.901	35,7
Laurisilva y Fayal-Brezal	10.520.212	0,4	194.819	0,3
TOTAL	2.858.268.311		75.143.536	

Distribución de la biomasa acumulada (miles de toneladas materia seca) en 2004 por grupos de especies y fracciones de biomasa y comparación de porcentajes respecto al total

	Fuste	R > 7 cm	R 2-7 cm	R < 2 cm	Total Aérea	Total Radical	Total
Frondosas	277.880	77.768	86.692	69.553	536.964	483.338	1.020.302
% del total	47,8	84,6	68,0	46,6	54,6	79,3	64,0
Coníferas	301.523	13.781	40.339	78.687	442.914	124.276	567.190
% del total	51,9	15,0	31,7	52,7	45,0	20,4	35,6
Laurisilva y F.-B.	1.538	367	410	1.018	3.692	2.042	5.733
% del total	0,3	0,4	0,3	0,7	0,4	0,3	0,4
TOTAL	580.942	91.916	127.441	149.259	983.570	609.655	1.593.225

CO₂ total (miles de toneladas) fijado en 2004 por grupos de especies y fracciones de biomasa

Frondosas:	CO ₂ (miles toneladas)	%
Parte aérea	945.805	52,7
Parte radical	850.206	47,3
TOTAL	1.796.011	

Coníferas:		
Parte aérea	822.053	78,2
Parte radical	229.682	21,8
TOTAL	1.051.735	

Laurisilvas y fayal-brezal:		
Parte aérea	6.774	64,4
Parte radical	3.746	35,6
TOTAL	10.520	

Porcentaje (%) de CO₂ fijado por los bosques españoles respecto a las emisiones de los principales sectores (Datos promedio del periodo 1990-2003)

SECTORES	% DEL SECTOR RESPECTO AL TOTAL	TOTAL CO₂ FIJADO POR LOS BOSQUES ESPAÑOLES (T/año)	PORCENTAJE (%) FIJADO RESPECTO A CADA SECTOR
Transformación y generación de energía	28,2 1128 x 10⁵	75.143.536	66,6
Industrial	24,8 992 x 10⁵		75,8
Transporte	22,6 904 x 10⁵		83,1
Agricultura	14,9 596 x 10⁵		126,1
Residencial, comercial e institucional	6,7 268 x 10⁵		280,4
Gestión de residuos	2,8 112 x 10⁵		670,9
TOTAL	400 x 10⁶	75 x 10⁶	18,8

Fijación de CO₂ por los bosques españoles

(cifras aproximadas)

CO ₂ fijado por los bosques	2.858.268.312 Tm	
Fijación Neta Anual (crec.-extr.)	75.143.536 Tm	
Emisiones Anuales Totales España	400.000.000 Tm	18,8 %
Emisiones Anuales por Tráfico (23%)	92.000.000 Tm	81,7 %
Emisiones Anuales Hogares Españoles		
*Fuente MMA y OECC (5 Tm/hogar)	55.000.000 Tm	136,7 %
*Fuente GREENPEACE (12 Tm/hogar)	132.000.000 Tm	57,0 %
*MEDIA (8,5 Tm/hogar)	93.500.000 Tm	80,4 %

% respecto fijación anual neta por bosques

Fijación de CO₂ por los bosques españoles

(cifras aproximadas)

Disgregación consumo hogares (datos medios)

*AUTOMOVIL	≈ 50 %
*CALEFACCIÓN	≈ 10-12 %
*ILUMINACIÓN	inapreciable 50-60 kg/año
*BASURAS	≈ 25-27 %
*RESTO	≈ 11-15 %

Emisiones por habitante

*ESPAÑA	9,7 Tm/año
*EUROPA (15)	10,9 Tm/año
*ESTADOS UNIDOS	20 Tm/año

SELVICULTURA Y FIJACIÓN DE CARBONO

SELVICULTURA

Longitud del turno

Tratamientos intermedios

→ •% Madera aserrada

•Viviendas 70-80 años R

•Muebles 30-50 años R

•Encofrados 8-10 años R

•Palets 6-7 años R

•Residuos

•Tableros 15-20 años R

•Energía de sustitución

R = Reciclados

↳ Vertederos

↳ Gestión verted.

CH₄ Combustión

SELVICULTURA Y FIJACIÓN DE CARBONO

→ •Madera trituración

•Tableros	15-20 años	R
•Celulosa		
•Papel prensa y oficina	1 año	R
•Cartón	4-5 años	R
•Libros	30-50 años	R

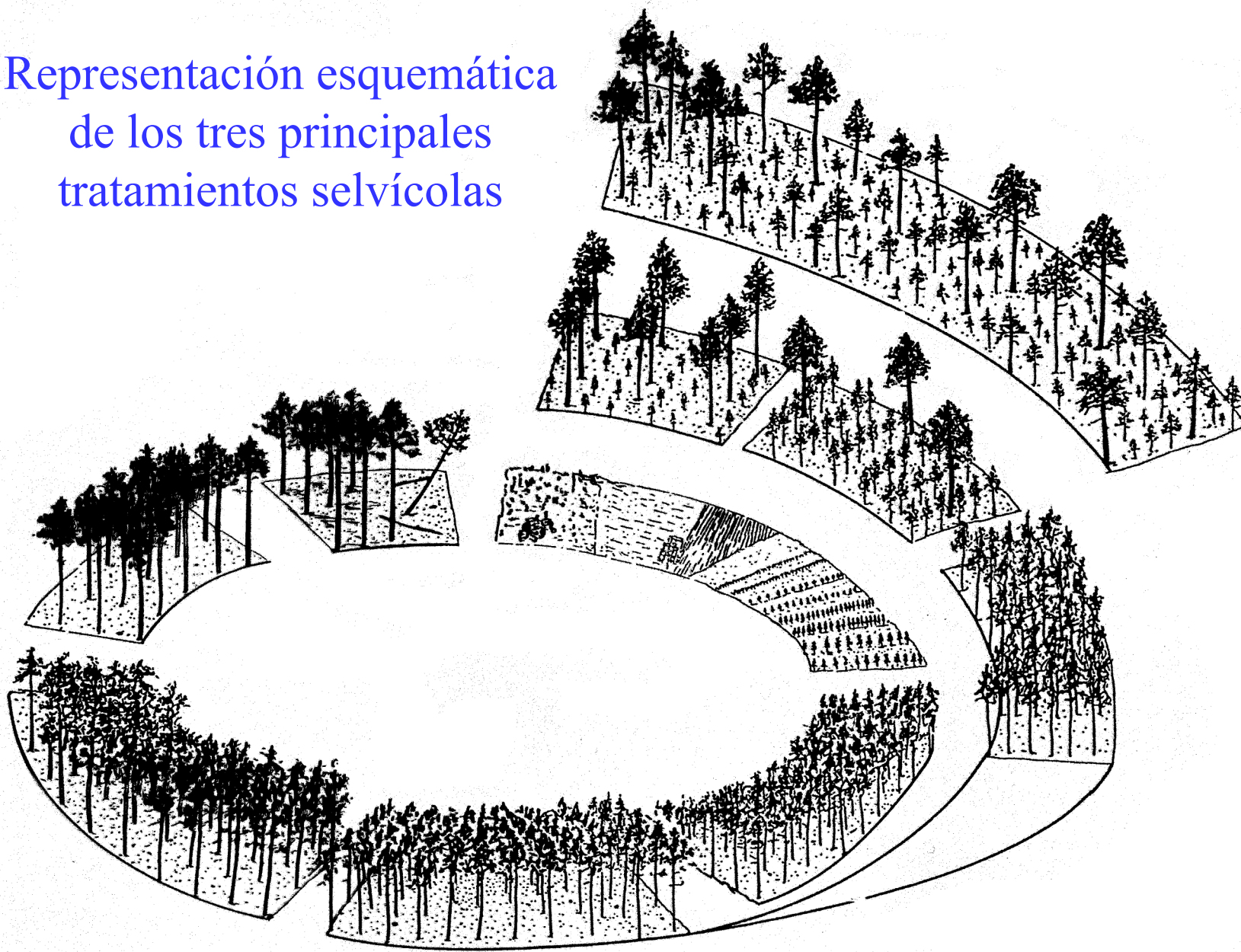
→ •Restos de corta > 7, 2-7, < 2 cm

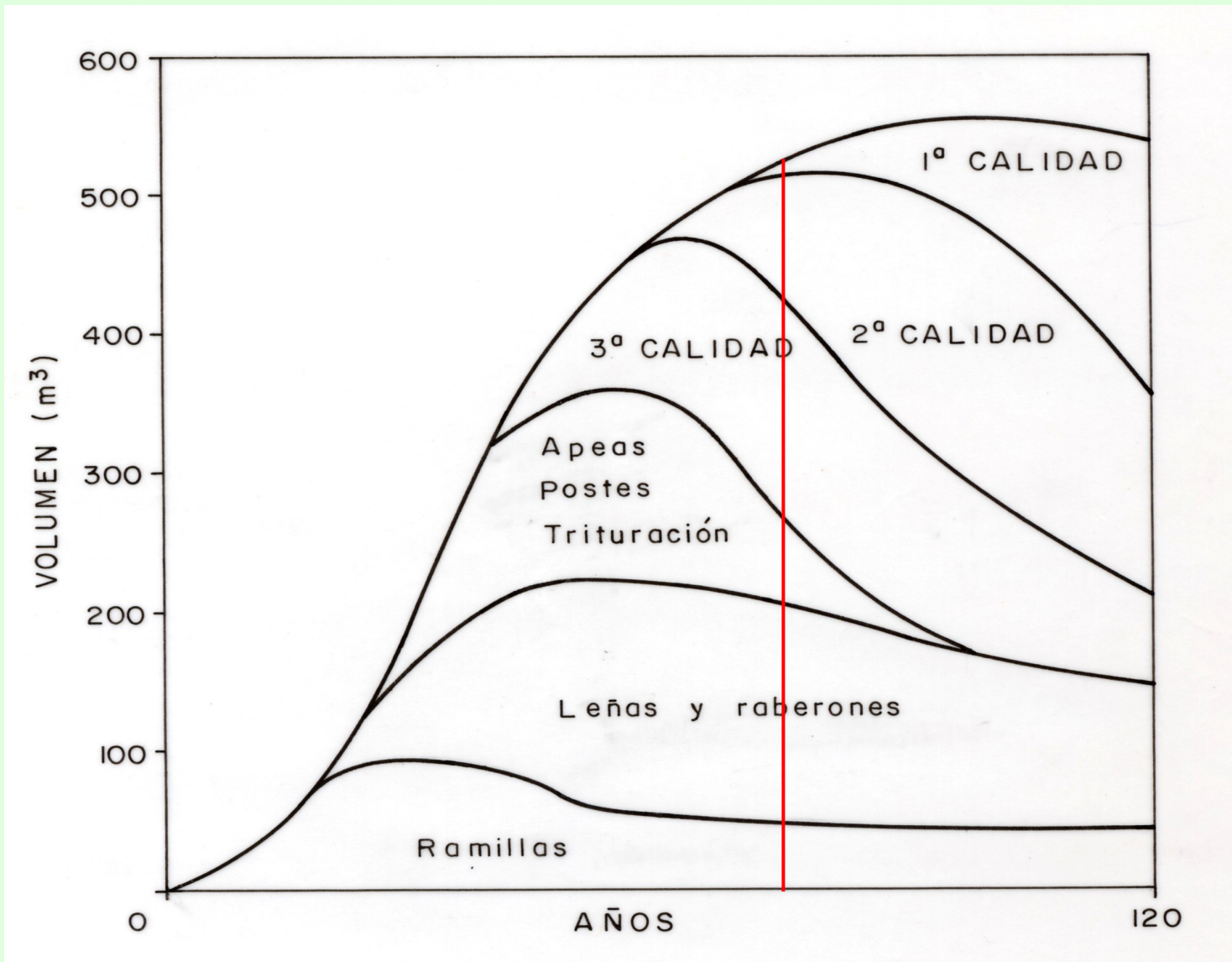
•Quema de restos	1 año	
•Combustibles de sustitución	1 año	
•Tableros	15-20 años	R
•Descomposición en el bosque	6-8 años	

AL FINAL TODO EL CO₂ VUELVE A LA ATMÓSFERA

EL BOSQUE PERMITE COMPRAR TIEMPO

Representación esquemática de los tres principales tratamientos selvícolas





Distribución del volumen de la masa principal por calidades de madera. Pino silvestre. Según HUFFEL, 1905