



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

Modelos de estimación de la distribución vertical de combustibles finos de copa en masas de pinar a partir de datos del IV Inventario Forestal Nacional

Ana Daría Ruiz González ¹

Stéfano Arellano Pérez ¹

José Antonio Vega Hidalgo ²

Juan Gabriel Álvarez González ¹

¹ Escuela Politécnica Superior de Lugo (Universidad de Santiago de Compostela)

² Centro de Investigación Forestal de Lourizán (Xunta de Galicia)

Plasencia, 29 de junio de 2017

MODELO DE DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARGA DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE EN LAS COPAS EN MASAS DE *Pinus sylvestris* L.

Variable dependiente	Modelo	b_1	b_2	b_3	ME	RMSE
CFL	$CFL = b_1 G^{b_2}$	0,0507	0,9469	—	0,9579	0,1330
$mCBH$	$mCBH = b_1 H^{b_2}$	0,0564	1,5901	—	0,7692	1,0262
a_1	$a_1 = b_1 H^{b_2} G^{b_3}$	0,3642	0,9702	0,0510	0,8046	0,9554
a_2	$a_2 = b_1 + b_2 G + b_3 H$	1,6912	0,0191	0,0351	0,5809	0,3904

MODELO DE DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARGA DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE EN LAS COPAS EN MASAS DE *Pinus sylvestris* L.

Variable dependiente	Modelo	b_1	b_2	b_3	ME	RMSE
CFL	$CFL = b_1 G^{b_2}$	0,0507	0,9469	—	0,9579	0,1330
$mCBH$	$mCBH = b_1 H^{b_2}$	0,0564	1,5901	—	0,7692	1,0262
a_1	$a_1 = b_1 H^{b_2} G^{b_3}$	0,3642	0,9702	0,0510	0,8046	0,9554
a_2	$a_2 = b_1 + b_2 G + b_3 H$	1,6912	0,0191	0,0351	0,5809	0,3904

CFL: carga total de combustible disponible (fino) en el dosel (kg m^{-2})

MODELO DE DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARGA DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE EN LAS COPAS EN MASAS DE *Pinus sylvestris* L.

Variable dependiente	Modelo	b_1	b_2	b_3	ME	RMSE
CFL	$CFL = b_1 G^{b_2}$	0,0507	0,9469	—	0,9579	0,1330
$mCBH$	$mCBH = b_1 H^{b_2}$	0,0564	1,5901	—	0,7692	1,0262
a_1	$a_1 = b_1 H^{b_2} G^{b_3}$	0,3642	0,9702	0,0510	0,8046	0,9554
a_2	$a_2 = b_1 + b_2 G + b_3 H$	1,6912	0,0191	0,0351	0,5809	0,3904

CFL : carga total de combustible disponible (fino) en el dosel (kg m^{-2})

$mCBH$: altura mínima de la base de la copa en el rodal (m)

MODELO DE DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARGA DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE EN LAS COPAS EN MASAS DE *Pinus sylvestris* L.

Variable dependiente	Modelo	b_1	b_2	b_3	ME	RMSE
CFL	$CFL = b_1 G^{b_2}$	0,0507	0,9469	—	0,9579	0,1330
$mCBH$	$mCBH = b_1 H^{b_2}$	0,0564	1,5901	—	0,7692	1,0262
a_1	$a_1 = b_1 H^{b_2} G^{b_3}$	0,3642	0,9702	0,0510	0,8046	0,9554
a_2	$a_2 = b_1 + b_2 G + b_3 H$	1,6912	0,0191	0,0351	0,5809	0,3904

CFL : carga total de combustible disponible (fino) en el dosel (kg m^{-2})

$mCBH$: altura mínima de la base de la copa en el rodal (m)

a_1 y a_2 : parámetros escala y de forma de la función de densidad de Weibull utilizada para caracterizar el perfil.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARGA DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE EN LAS COPAS EN MASAS DE *Pinus sylvestris* L.

Variable dependiente	Modelo	b_1	b_2	b_3	ME	RMSE
CFL	$CFL = b_1 G^{b_2}$	0,0507	0,9469	—	0,9579	0,1330
$mCBH$	$mCBH = b_1 H^{b_2}$	0,0564	1,5901	—	0,7692	1,0262
a_1	$a_1 = b_1 H^{b_2} G^{b_3}$	0,3642	0,9702	0,0510	0,8046	0,9554
a_2	$a_2 = b_1 + b_2 G + b_3 H$	1,6912	0,0191	0,0351	0,5809	0,3904

H: altura dominante del rodal (m)

G: área basimétrica del rodal ($m^2 \text{ ha}^{-1}$)

MODELO DE DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARGA DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE EN LAS COPAS EN MASAS DE *Pinus sylvestris* L.

Variable dependiente	Modelo	b_1	b_2	b_3	ME	RMSE
CFL	$CFL = b_1 G^{b_2}$	0,0507	0,9469	---	0,9579	0,1330
$mCBH$	$mCBH = b_1 H^{b_2}$	0,0564	1,5901	---	0,7692	1,0262
a_1	$a_1 = b_1 H^{b_2} G^{b_3}$	0,3642	0,9702	0,0510	0,8046	0,9554
a_2	$a_2 = b_1 + b_2 G + b_3 H$	1,6912	0,0191	0,0351	0,5809	0,3904

ME: eficacia del modelo

RMSE: raíz del error medio cuadrático

La variabilidad explicada por los modelos varió entre el 58% (parámetro de forma de la función de Weibull) y el 96% (carga total de combustible)

MODELO DE DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARGA DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE EN LAS COPAS EN MASAS DE *Pinus sylvestris* L.

De las diferentes aproximaciones posibles para modelizar perfiles verticales, se optó por la más compleja pero también la más realista:

- Se asumió que la copa de cada uno de los árboles del rodal empieza y acaba a una altura distinta, y además tiene una forma particular.

Se recurrió a la simplificación de asumir que la carga de finos se distribuye a lo largo de la copa de cada árbol de forma similar a la distribución del volumen de dicha copa.

INTERÉS DEL MODELO

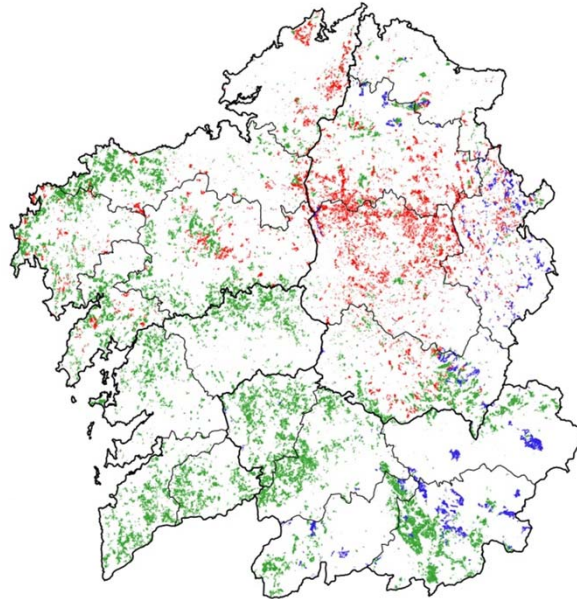
- A partir de la distribución de CFL se pueden estimar los valores de densidad aparente de la copa (CBD) y altura de la base de la copa (CBH) empleando cualquiera de las metodologías actuales, desde la más sencilla¹ a la más compleja².
- Conociendo estas variables se puede evaluar mediante el uso de simuladores la potencialidad de las masas arboladas a desarrollar fuego de copas así como evaluar la efectividad de diferentes escenarios de gestión del combustible.

1. Van Wagner. 1977. Conditions for the start and spread of crown fire. Can. J. For. Res. 7: 24-34.
2. Sando, R.W., Wick, C.H. 1972. A method of evaluating crown fuels in forest stands. USDA Forest Service. Research paper NC-84.

176 parcelas del 4-IFN de Galicia




Pinus sylvestris especie dominante:

- suponía más del 90% del total de los pies
- aportaba más del 90% al área basimétrica



Leyenda

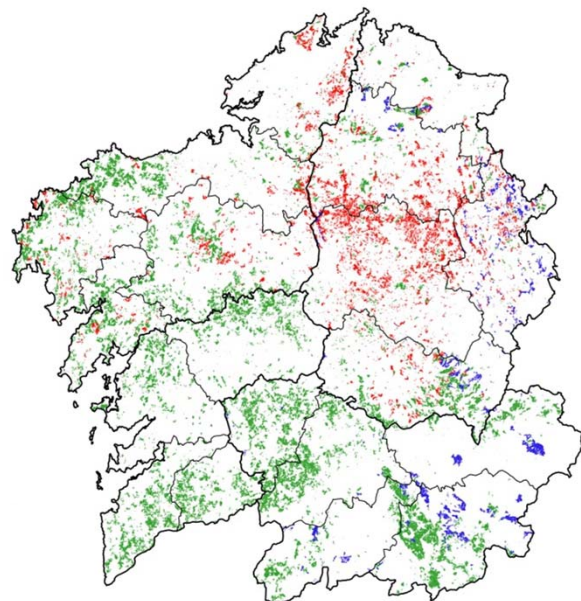
Principales especies de pino

-  Pinus pinaster
-  Pinus radiata
-  Pinus sylvestris

176 parcelas del 4-IFN de Galicia




Pinus sylvestris especie dominante:

- suponía más del 90% del total de los pies
- aportaba más del 90% al área basimétrica



Leyenda

Principales especies de pino

-  Pinus pinaster
-  Pinus radiata
-  Pinus sylvestris

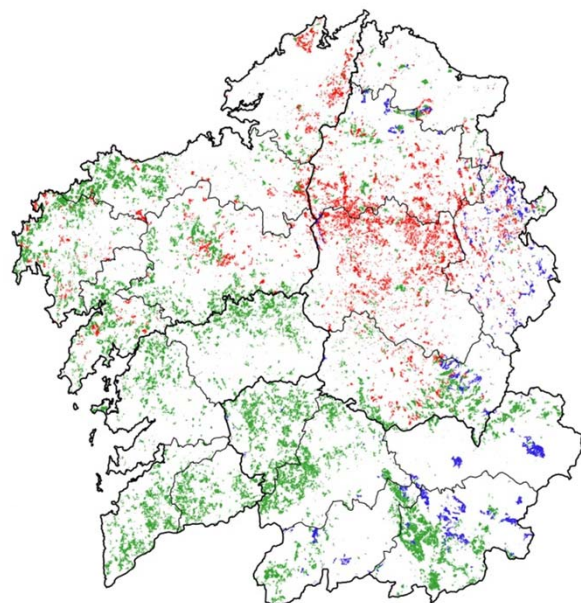
A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se calculó:

- N: número de pies por hectárea
- dg: diámetro medio cuadrático
- G: área basimétrica
- H: altura dominante

176 parcelas del 4-IFN de Galicia

Pinus sylvestris especie dominante:

- suponía más del 90% del total de los pies
- aportaba más del 90% al área basimétrica



Leyenda

Principales especies de pino

- Pinus pinaster
- Pinus radiata
- Pinus sylvestris

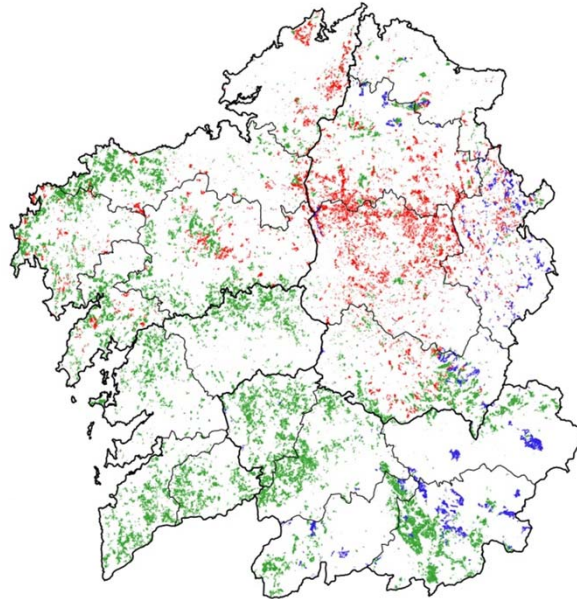
A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se calculó:

- N: número de pies por hectárea
- dg: diámetro medio cuadrático
- G: área basimétrica
- H: altura dominante

VARIABLES DE
MASA
REGRESORAS




A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se estimó, para cada pie:

- La biomasa de finos
- La arquitectura de la copa



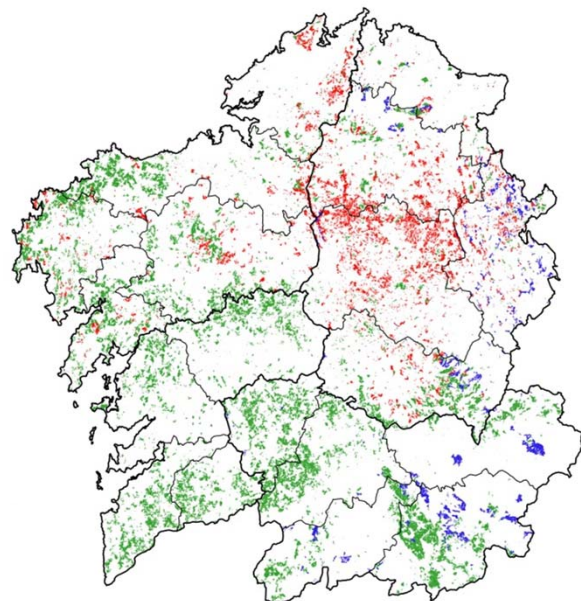
Leyenda

Principales especies de pino

-  Pinus pinaster
-  Pinus radiata
-  Pinus sylvestris

A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se estimó, para cada pie:




- La biomasa de finos
- La arquitectura de la copa



DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA FINA DE CADA COPA DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE SU VOLUMEN

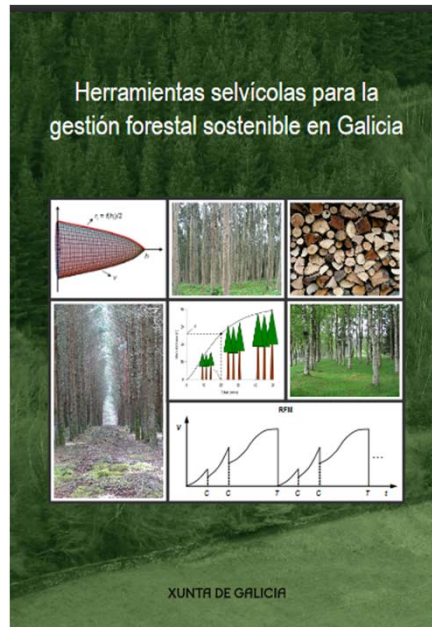
Leyenda

Principales especies de pino

-  Pinus pinaster
-  Pinus radiata
-  Pinus sylvestris

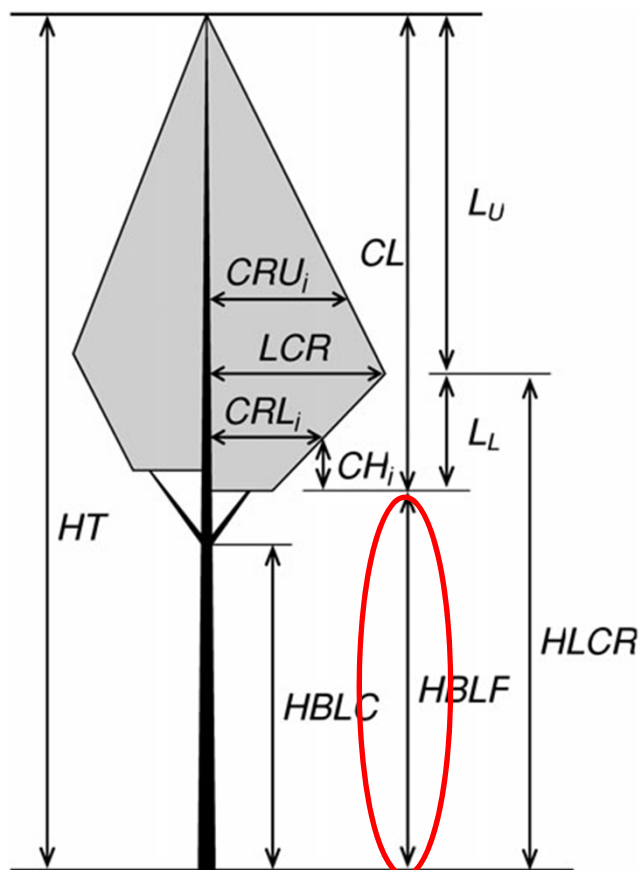
A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se estimó, para cada pie:

- La biomasa de finos¹
- La arquitectura de la copa



DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA FINA DE CADA COPA DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE SU VOLUMEN

1. Dieguez Aranda et al. (2009). Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia.

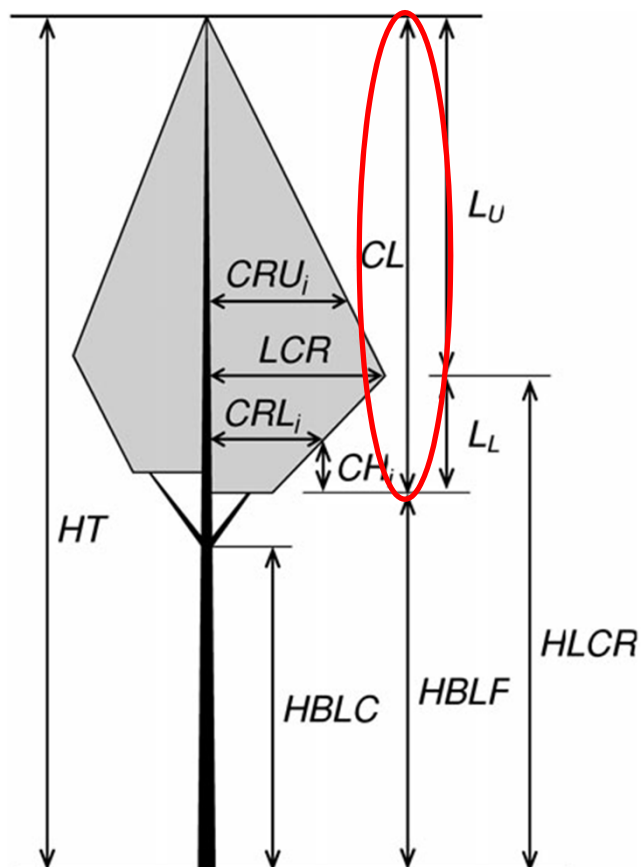


A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se estimó, para cada pie:

- La biomasa de finos¹
- La arquitectura de la copa²

DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA FINA DE CADA COPA DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE SU VOLUMEN

1. Dieguez Aranda et al. (2009). Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia.
2. Crecente et al. (2013). Development of crown profile models for *Pinus pinaster* Ait. and *Pinus sylvestris* L. in northwestern Spain. *Forestry* 86 481-491.

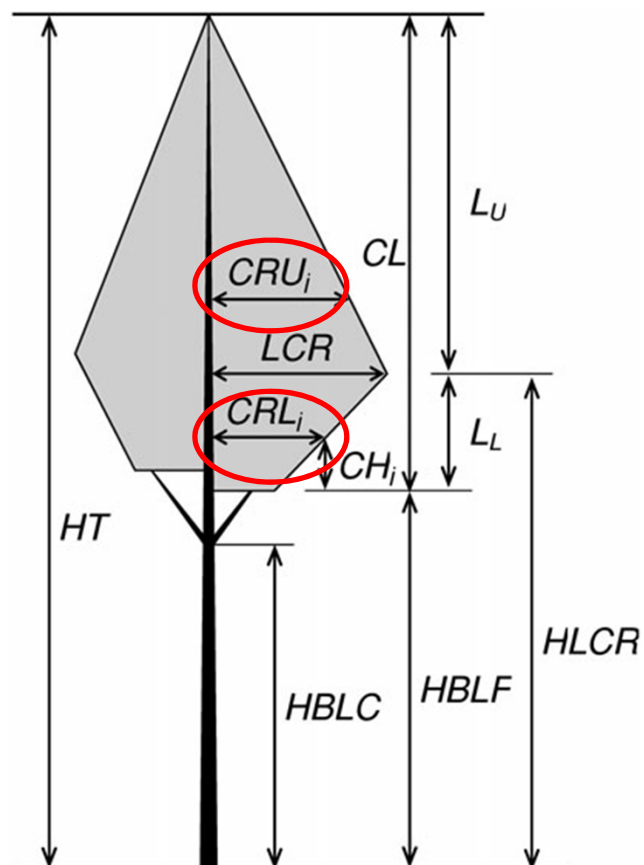


A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se estimó, para cada pie:

- La biomasa de finos¹
- La arquitectura de la copa²

DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA FINA DE CADA COPA DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE SU VOLUMEN

1. Dieguez Aranda et al. (2009). Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia.
2. Crecente et al. (2013). Development of crown profile models for *Pinus pinaster* Ait. and *Pinus sylvestris* L. in northwestern Spain. *Forestry* 86 481-491.

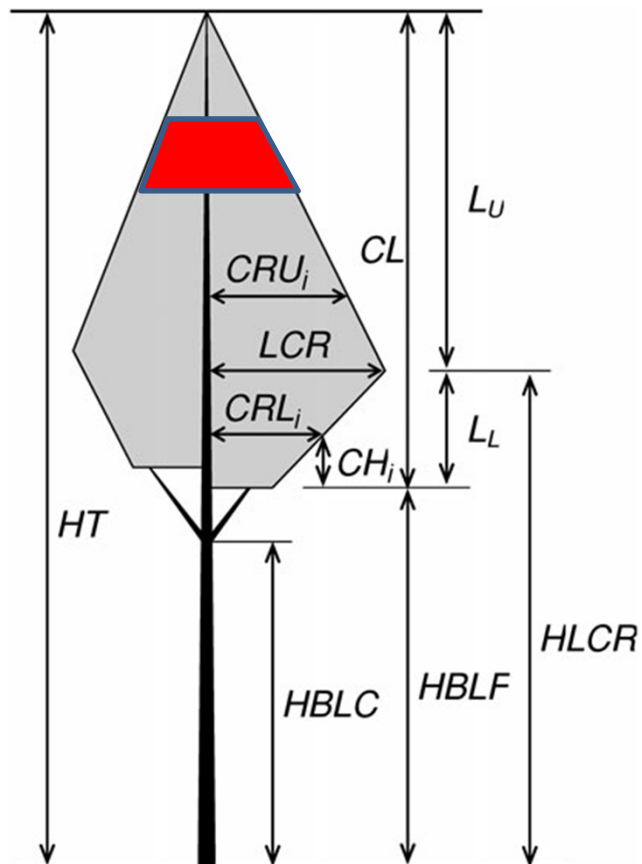


A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se estimó, para cada pie:

- La biomasa de finos¹
- La arquitectura de la copa²

DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA FINA DE CADA COPA DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE SU VOLUMEN

1. Dieguez Aranda et al. (2009). Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia.
2. Crecente et al. (2013). Development of crown profile models for *Pinus pinaster* Ait. and *Pinus sylvestris* L. in northwestern Spain. *Forestry* 86 481-491.



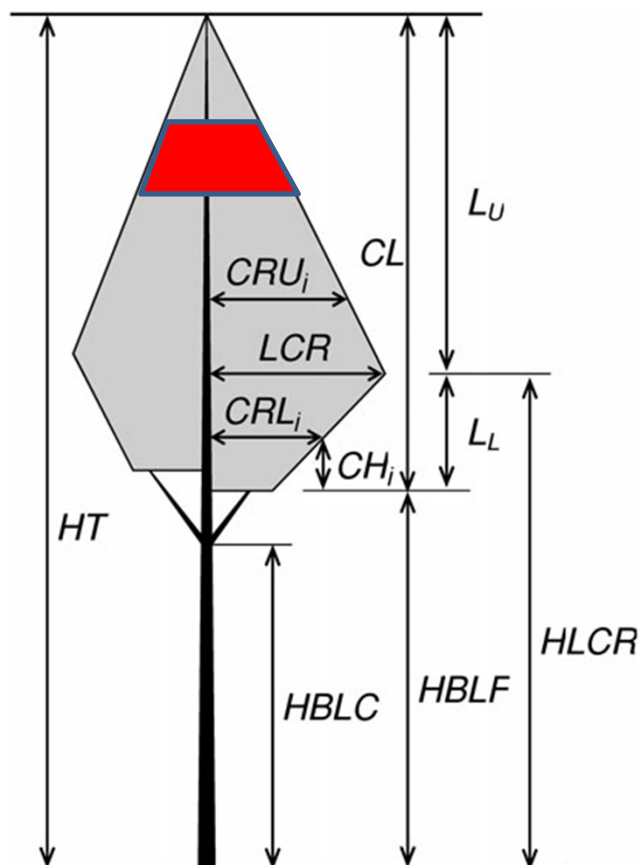
A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se estimó, para cada pie:

- La biomasa de finos¹
- La arquitectura de la copa²

DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA FINA DE CADA COPA DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE SU VOLUMEN

$$crV_i = \frac{\pi \cdot (cr_{sup_i}^2 + cr_{inf_i}^2)}{2} \cdot 0.3$$

1. Dieguez Aranda et al. (2009). Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia.
2. Crecente et al. (2013). Development of crown profile models for *Pinus pinaster* Ait. and *Pinus sylvestris* L. in northwestern Spain. *Forestry* 86 481-491.



A partir de los diámetros normales (d) y las alturas totales (h) medidas se estimó, para cada pie:

- La biomasa de finos¹
- La arquitectura de la copa²

DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA FINA DE CADA COPA DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE SU VOLUMEN

$$crV_i = \frac{\pi \cdot (cr_{sup_i}^2 + cr_{inf_i}^2)}{2} \cdot 0.3$$

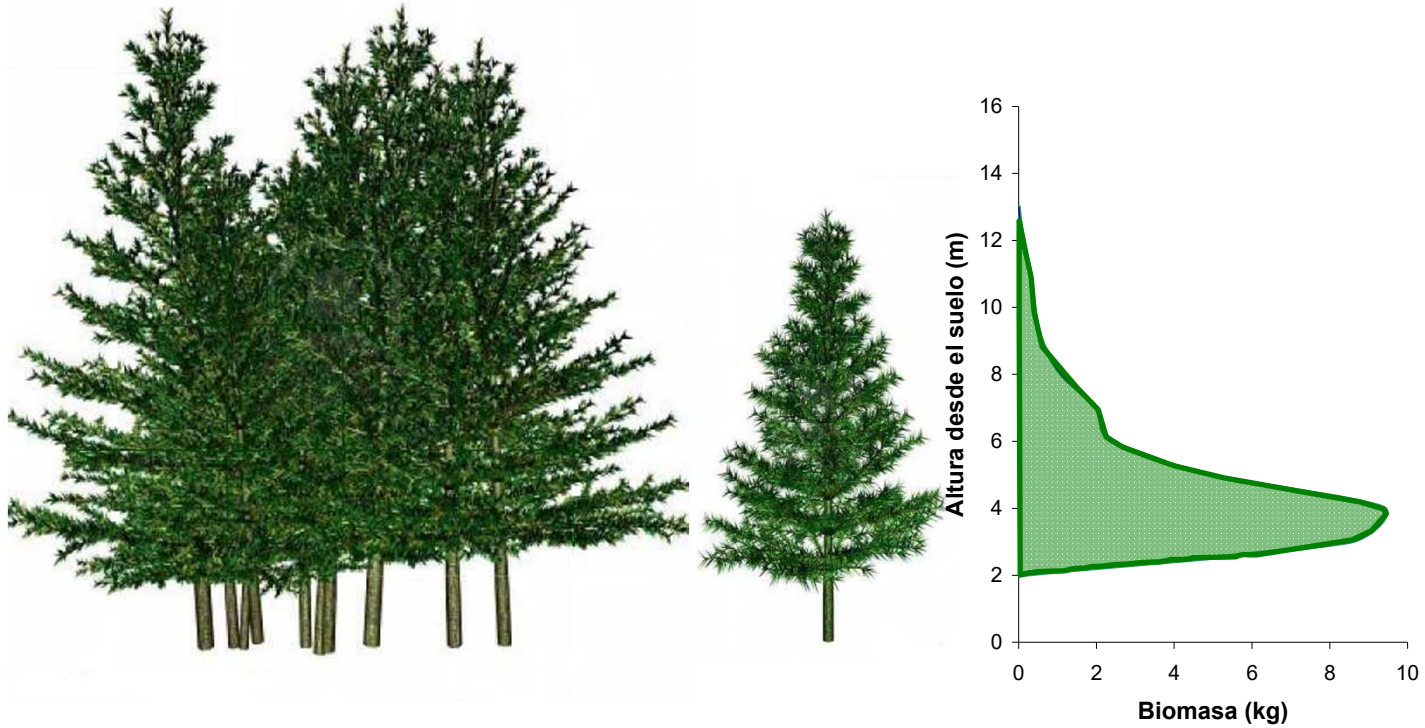
1. Dieguez Aranda et al. (2009). Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia.
2. Crecente et al. (2013). Development of crown profile models for *Pinus pinaster* Ait. and *Pinus sylvestris* L. in northwestern Spain. *Forestry* 86 481-491.

PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN



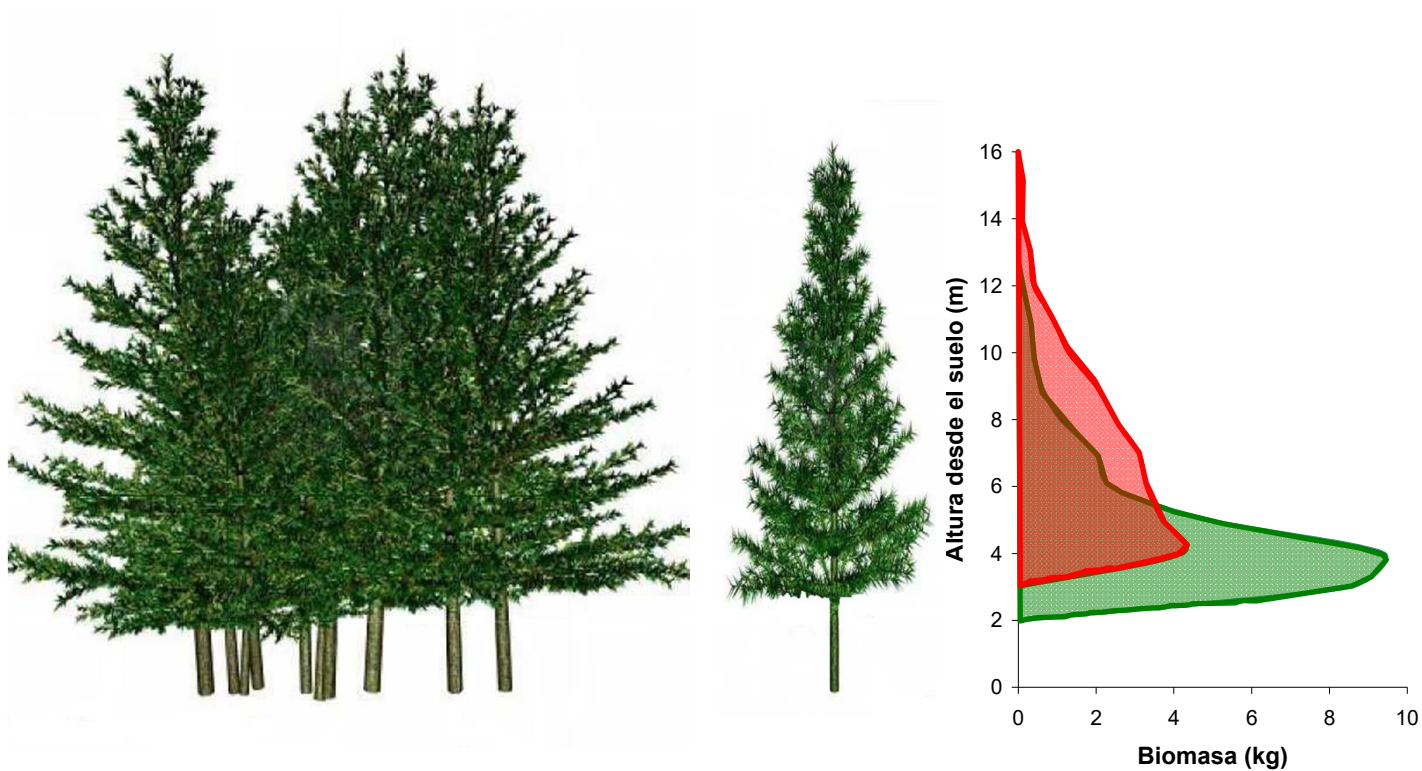
PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN

Para cada árbol de cada parcela se calculó su perfil vertical de biomasa



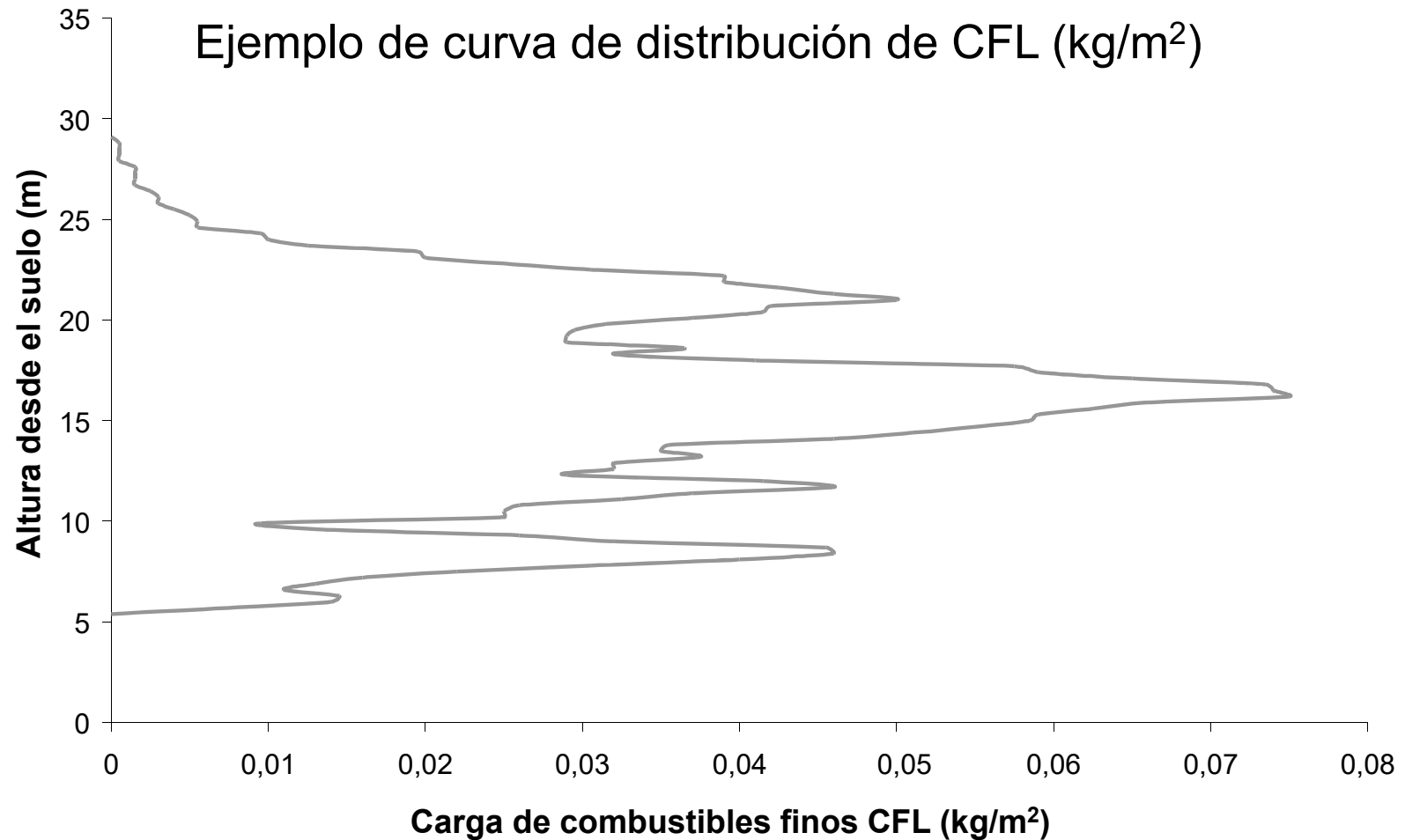
PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN

Por superposición y suma de perfiles se obtuvo la distribución vertical de biomasa del rodal.



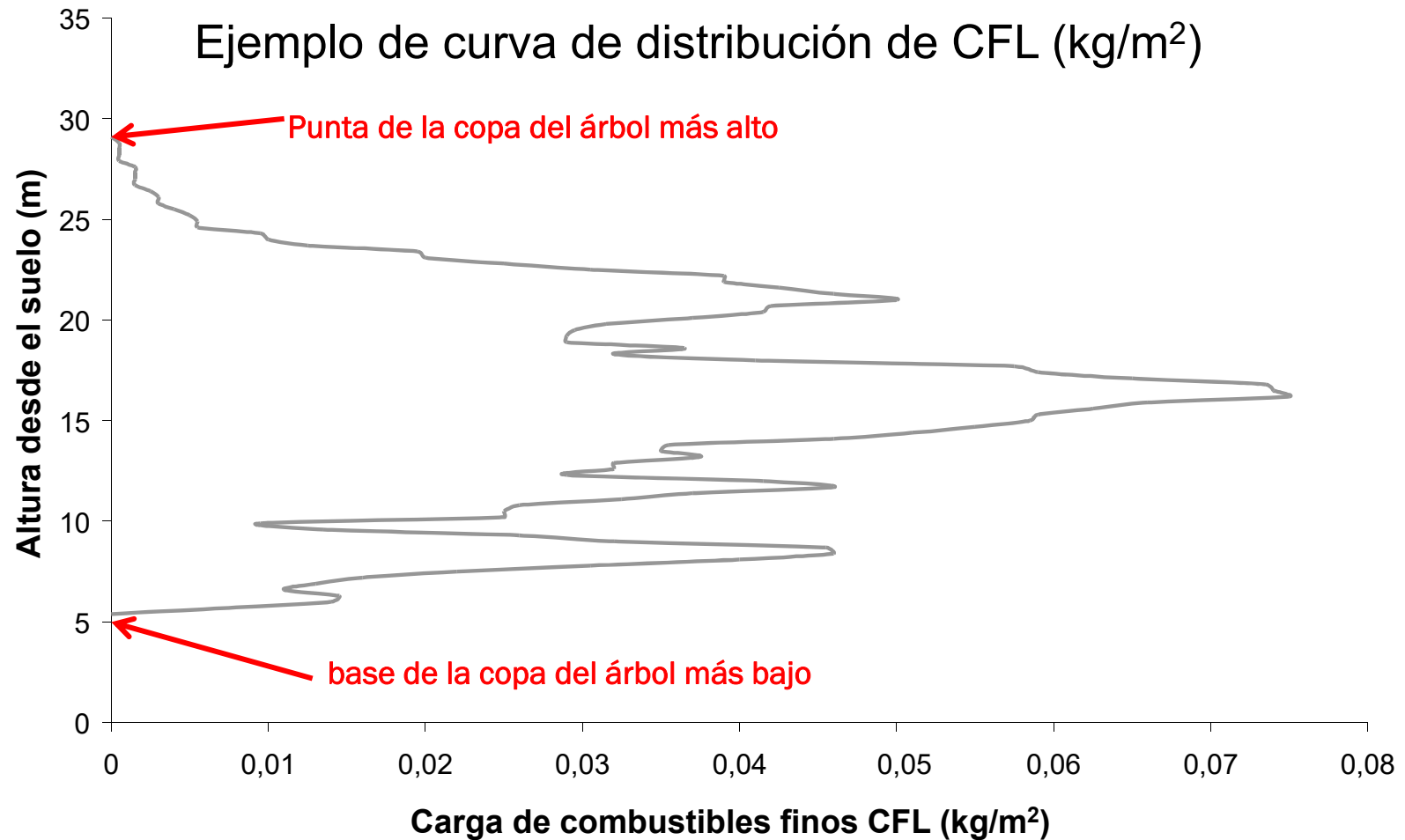
PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN

Dividiendo el perfil de biomasa por la superficie ocupada se obtuvo la curva de distribución de carga.



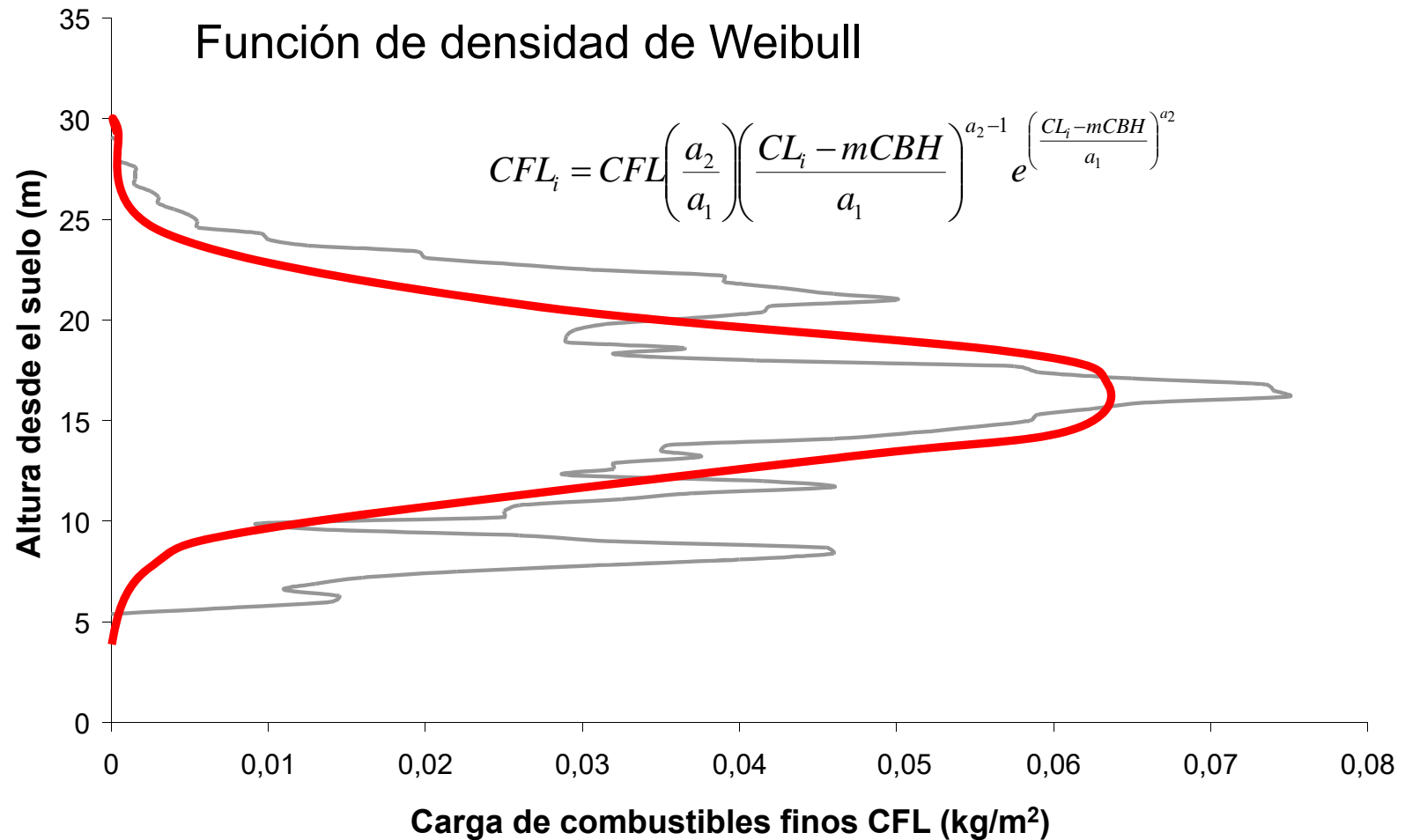
PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN

Dividiendo el perfil de biomasa por la superficie ocupada se obtiene la curva de distribución de carga.



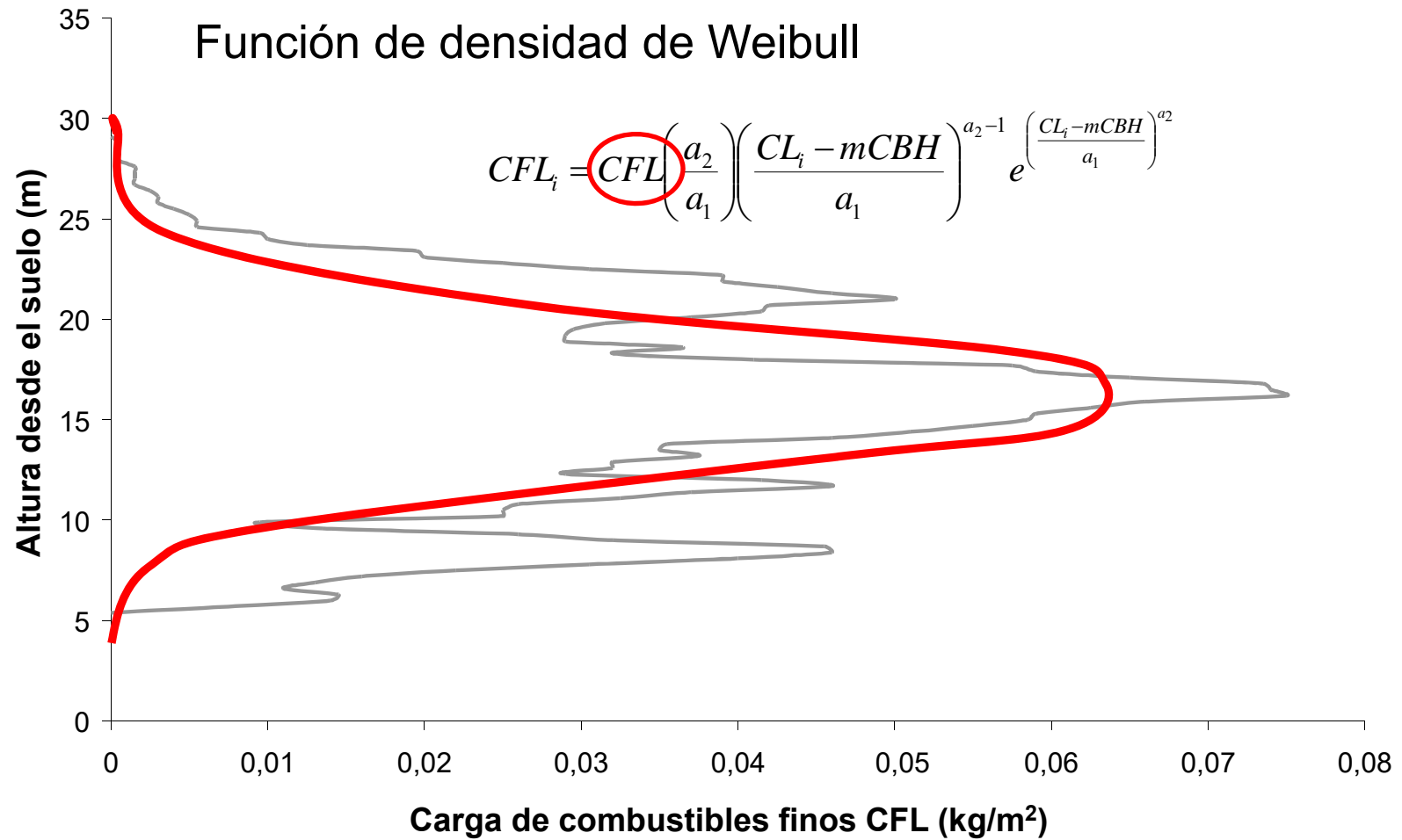
PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN

Una vez obtenida la curva de distribución de carga de cada rodal se utilizó la función de densidad de Weibull para su caracterización.



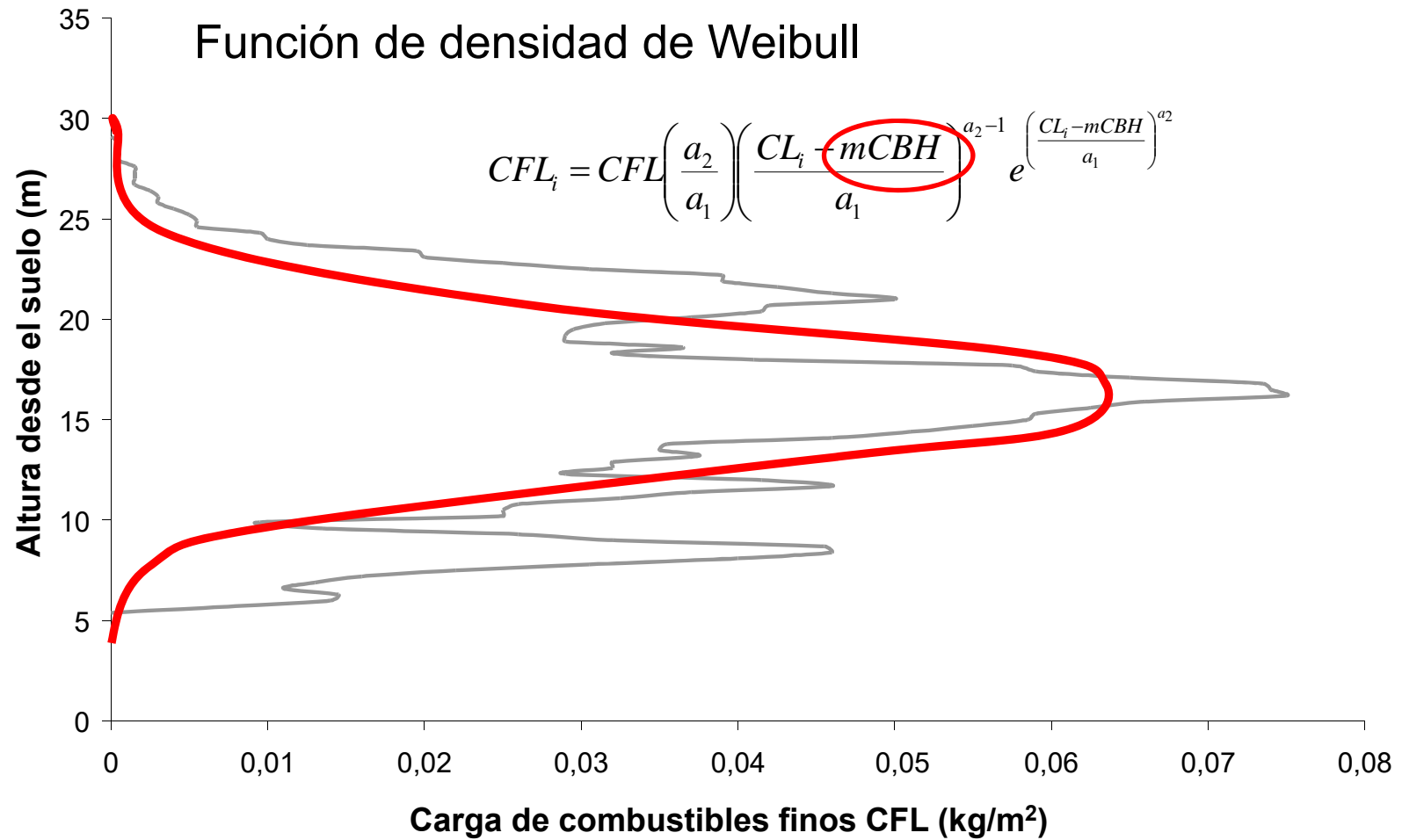
PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN

Se obtuvieron cuatro parámetros para cada rodal



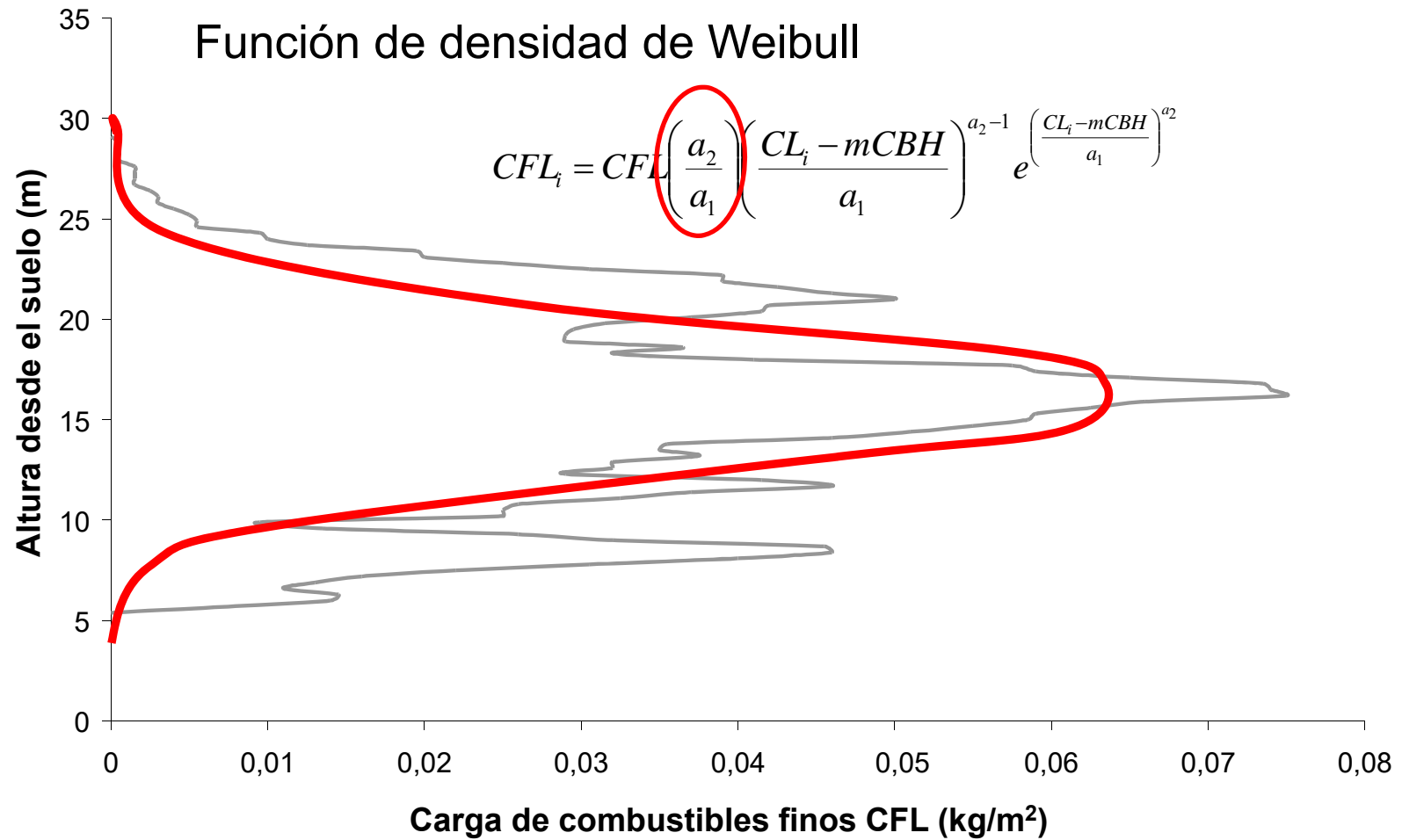
PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN

Se obtuvieron cuatro parámetros para cada rodal



PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN

Se obtuvieron cuatro parámetros para cada rodal



PROCESO SEGUIDO PARA LA MODELIZACIÓN

Finalmente se relacionan los parámetros de la función de densidad (a_1 y a_2), la carga total de combustibles finos (CFL) y la altura mínima de la base de la copa ($mCBH$), con variables de rodal y se obtuvieron los modelos.

Estadillo	N (pies/ha)	G (m ² /ha)	dg (cm)	H (m)	CFL (kg/m ²)	$mCBH$ (m)	a_1	a_2
1277	640.1754	32.0790	25.2590	14.74	1.1694	5.4	4.3762	2.1489
2499	615.4173	9.5653	14.0676	8.13	0.4664	1.2	3.3485	2.0624
3538	1743.6822	42.6058	17.6383	10.83	1.9793	3.6	4.3097	3.0663
1751	42.4426	2.0972	25.0824	12.50	0.0830	3.6	4.4208	1.9028
3420	604.8066	10.3534	14.7635	5.76	0.5048	0.6	2.8204	2.3269
1841	438.1488	31.1724	30.0975	16.54	1.1190	5.7	6.0240	3.0258
0384	717.9868	17.2842	17.5074	9.69	0.7980	1.5	3.6935	2.3683
3404	509.3108	7.1778	13.3955	5.63	0.3857	0.9	2.4645	2.4988
1844	45.9795	1.8771	22.7991	8.95	0.0770	2.1	3.3003	2.1216
0482	189.0109	8.1159	23.3819	9.82	0.3247	1.8	3.8923	2.0987
0210	732.1343	23.5993	20.2586	12.03	0.9678	2.1	5.8217	2.5216
0416	1082.2855	4.6349	7.3842	6.25	0.2596	1.2	2.2451	1.9089
0417	1372.3098	58.0077	23.1991	18.99	2.3413	6.0	8.4414	3.8970
...

Se ajustaron simultáneamente los cuatro modelos debido a que los valores de las cuatro variables dependientes se obtuvieron en cada parcela a partir del mismo perfil vertical de CFL

AGRADECIMIENTOS

Proyectos DIABOLO (H2020 GA 633464) y GEPRIF (RTA 2014-00011-c06-04)

Contacto
anadaria.ruiz@usc.es



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía



26 - 30 junio 2017 | **Plasencia**
Cáceres, Extremadura



www.congresoforestal.es