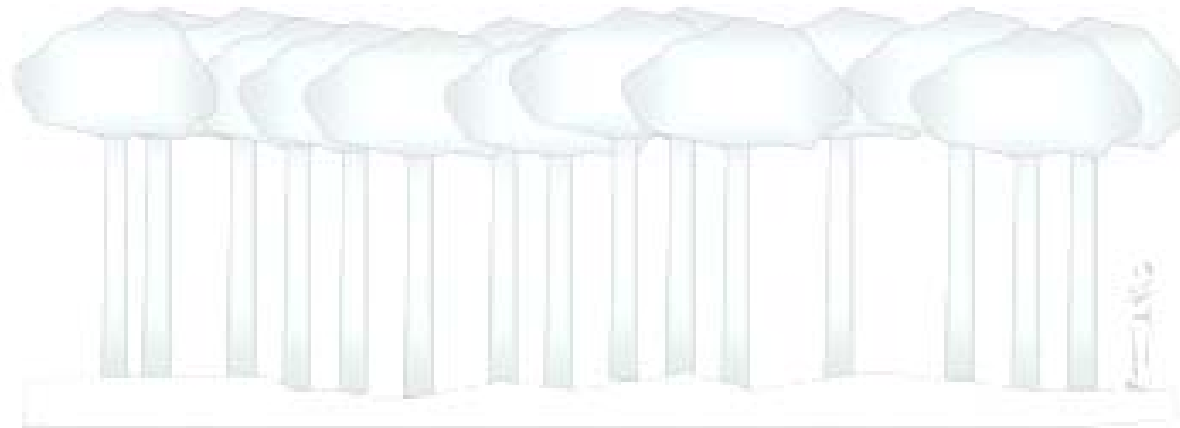


# TEMA N° 20: ESTUDIO DE LA ESPESURA DE LAS MASAS FORESTALES





## Estudio de la ESPESURA de las masas forestales

Los individuos de una masa forestal **compiten** por el espacio. Por la luz a través del Sistema aéreo, y por el suelo, la sustentación, y las sustancias nutritivas a través de las raíces.

El concepto de ESPESURA DE MASA: Trata de determinar el grado de equilibrio y solidaridad con el que conviven los pies que la forman, (si tienen suficiente espacio, si sobra o si falta).

Se trata de determinar la "Espesura ideal", la que admite el máximo número de árboles en las mejores condiciones sin que el desarrollo de unos interfiera en el de los otros.

Los "portes específicos" o formas naturales de los árboles cuando viven aislados, se transforman cuando viven en espesura en lo que se denomina "porte forestal", caracterizado por una mayor altura, aspecto más estilizado y copa más reducida ocupando la parte superior del tronco.



## Estudio de la ESPESURA de las masas forestales

Definiciones diversas:

"Vuelo" conjunto de los sistemas aéreos que forman la masa.

"Cubierta de vuelo" conjunto formado por las copas.

Especies sociales: Tienden a vivir en sociedad formando masas en las que predominan (Hayas, abetos, pinos,...)

Especies diseminadas: Rehuyen el agrupamiento en masas en las que sean la especie predominante. Mostajos, fresnos, tejos, acebos,...

La espesura de la masa definida básicamente por el número de pies y su desarrollo aéreo



## Influencia de la Espesura de la masa

1. En la regeneración y persistencia de la masa. (*Un correcto manejo de la espesura favorece o dificulta la regeneración según se trate de masas compuestas por especies de luz (Pinos,...) o especies de sombra (Hayas, abetos,..)*)
2. Calidad de los fustes. (*Igual ocurre con la presencia de mayor o menor cantidad de ramas en el tronco, si se favorece o no la poda natural mediante el manejo de la espesura de la masa*)
3. En el crecimiento del arbolado y por tanto en la producción en volumen maderable.

Habitualmente al hablar de espesura, vamos a hacer referencia a masas en estado de latizal o fustal.



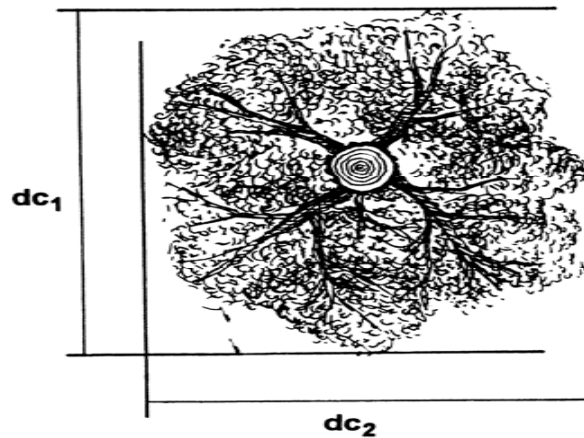
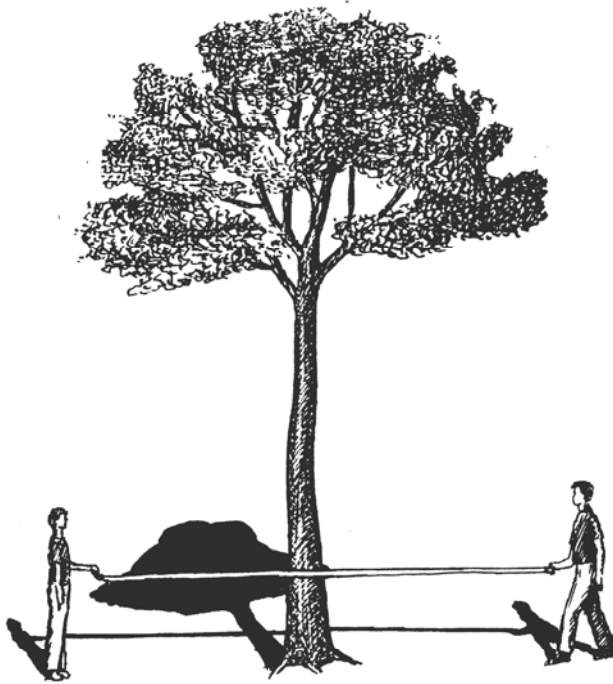
Vamos a hacer referencia a los siguientes parámetros dasométricos relacionados con la espesura de la masa

- FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA (Fcc)
- AREA BASIMÉTRICA - G (m<sup>2</sup>/Ha.)
- DENSIDAD DE MASA ≈ NÚMERO DE PIES /HA.
- RELACIÓN DE ESPACIAMIENTO (E)
- MARCO DE PLANTACION
- ESPACIAMIENTO MEDIO
- ÍNDICE DE HART-BECKING O FACTOR DE ESPACIAMIENTO
- ÍNDICE DE COPA VIVA:
- COEFICIENTE DE ESBELTEZ O FACTOR DE ESTABILIDAD



## FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA (Fcc)

Se define como la parte de suelo ocupado por la proyección de las copas de los árboles expresado habitualmente en porcentaje Fcc (%)



$$d_{\text{copa}} = \frac{dc_1 + dc_2}{2}$$

$$S_{\text{copa}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{copa}}^2$$

Esta sería la forma de estimarla para un único árbol

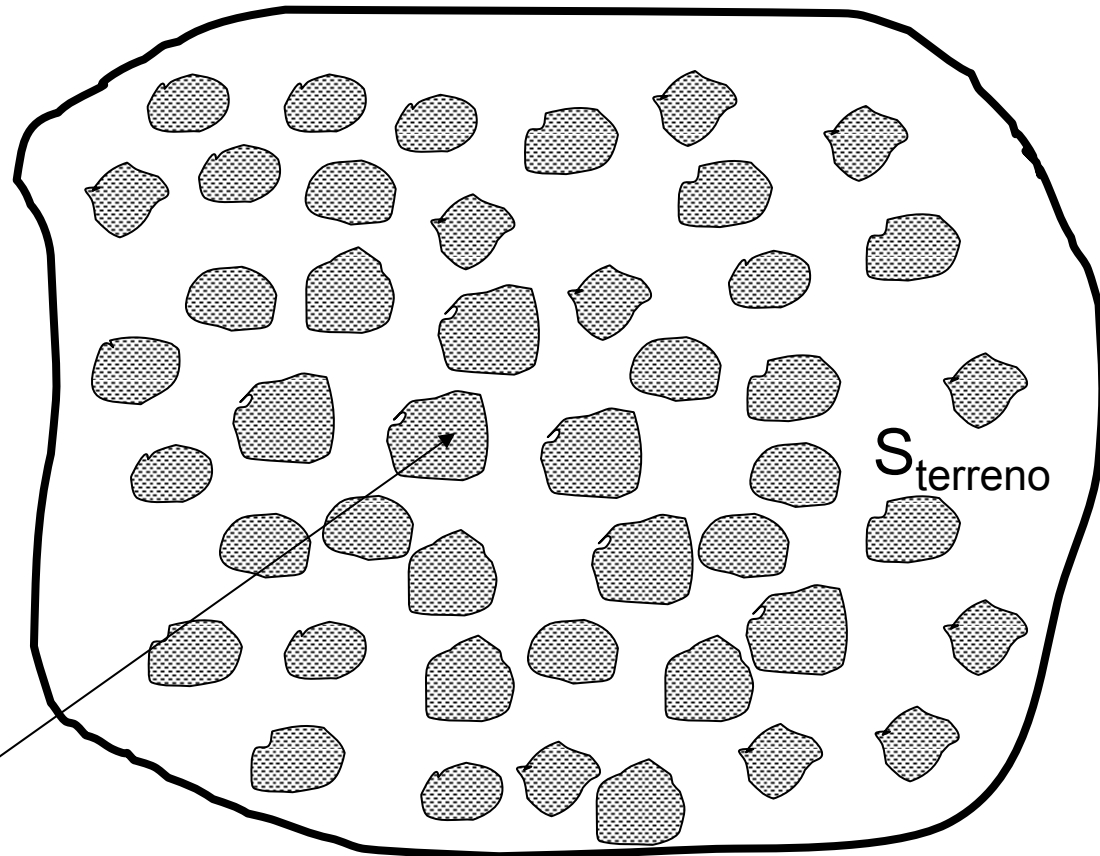


## FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA (Fcc)

Para la totalidad de los árboles de una masa, la obtendríamos por cociente entre la suma de la superficie proyectada por las copas de todos los árboles, y la del terreno que ocupan expresada en %.

$$Fcc(\%) = \frac{\sum n_i \cdot \frac{\pi}{4} \cdot dc_i^2}{S_{Terreno}} \cdot 100$$
$$= \frac{\sum n_i \cdot S_{ci}}{S_{Terreno}} \cdot 100$$

$S_{ci}$





*Clasificación de la espesura de la masa en función de la F.c.c.*

Hablamos de:

Espesura	Fcc (%)
Completa	85 (%) - 100(%)
Trabada	>100(%)
Incompleta	< 85(%)





*Clasificación detallada de la espesura de la masa en función de la F.c.c.*

Espesura	Fcc (%)
Trabada	>100(%)
Completa	85 (%) - 100(%)
Defectiva	70 (%) - 85(%)
Abierta	40 (%) - 70(%)
Clara	10 (%) - 40(%)
Rasa	0-10(%)



## FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA (Fcc).

Tiene la ventaja de que:

- En algunas situaciones concretas proporciona información muy ilustrativa para la toma de decisiones.
- Se puede estimar de manera sencilla a través de fotografías aéreas.

Tiene el inconveniente de que:

- No siempre existe relación entre la Fcc. y el número y dimensiones de los pies.
- Mismos valores de Fcc pueden responder a masas con vuelos muy diferentes.

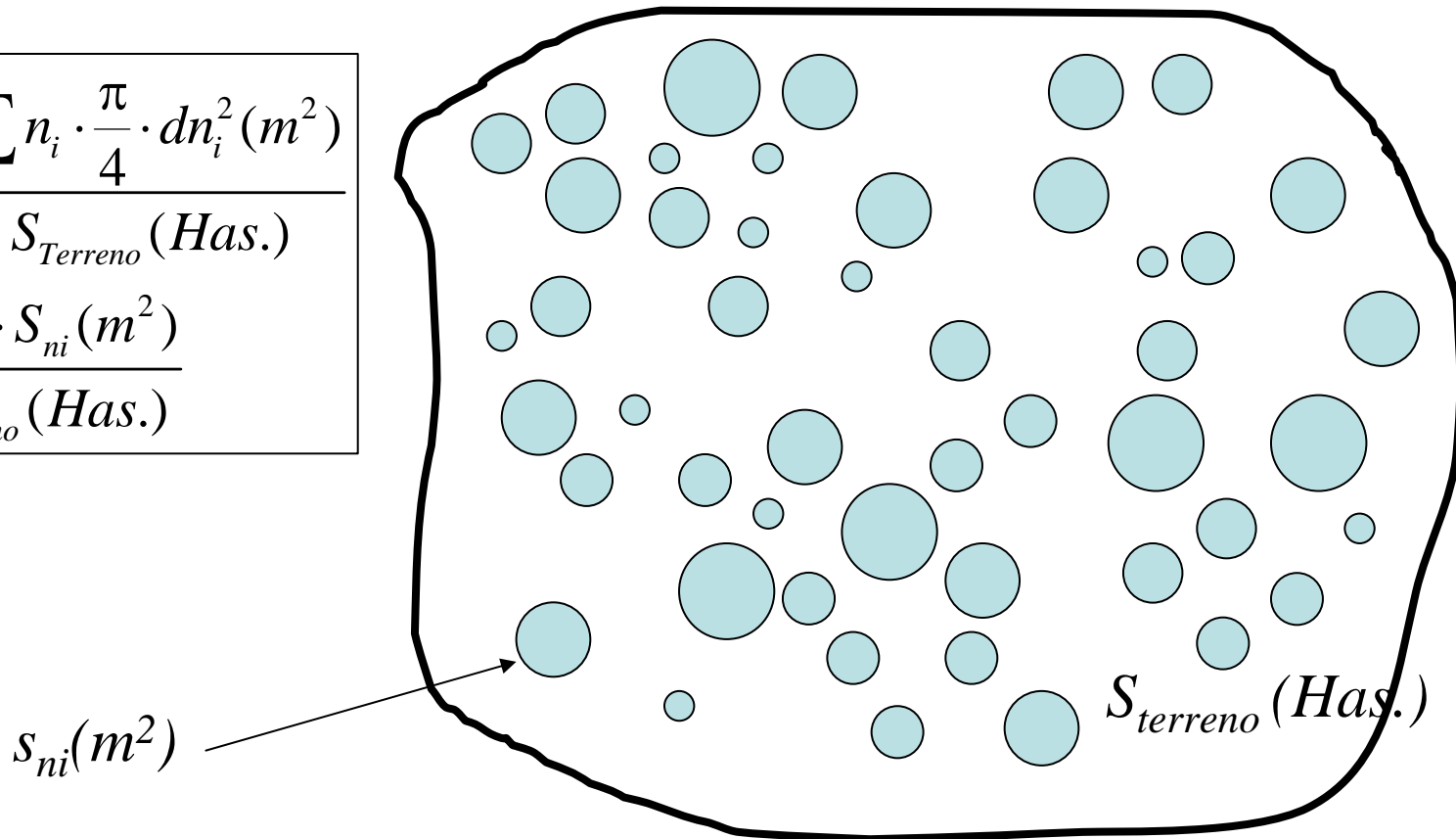
*La Fcc. necesita de información complementaria para definir con precisión el concepto de espesura (solidaridad) de la masa.*



## AREA BASIMÉTRICA - $G$ ( $m^2$ /Ha.)

Cociente entre la suma de todas las secciones normales de los árboles que forman la masa en  $m^2$  y la Superficie de Terreno que ocupan en Has.

$$G(m^2/Has.) = \frac{\sum n_i \cdot \frac{\pi}{4} \cdot dn_i^2 (m^2)}{S_{Terreno} (Has.)}$$
$$= \frac{\sum n_i \cdot S_{ni} (m^2)}{S_{Terreno} (Has.)}$$



## AREA BASIMÉTRICA - $G$ ( $m^2/Ha.$ )

Asesoría / Alejandro López Peña



POLITÉCNICA

Es una de las variables más utilizadas para el estudio de la espesura.

Combina el n° de pies con las dimensiones de estos pies reflejadas en sus secciones normales.

Parámetro medido en todos los inventarios. Puntualmente se puede hallar de manera sencilla por muestreo relascópico.

Se considera A.B NORMAL la que nos proporciona una producción máxima para las mismas condiciones de especie y estación

Podemos hablar de:

$G_A < G_N$  Espesura defectiva

$G_A = G_N$  Espesura normal

$G_A > G_N$  Espesura excesiva



Para cada situación, características y objetivos de gestión de la masa, se debe utilizar una clasificación de espesura específica. Cuando no dispongamos de la adecuada puede servirnos de referencia la siguiente:

$G$ (m <sup>2</sup> /Ha.)	espesura
0	Raso
< 4,94	Muy clara
4,94 - 13,72	Clara
13,72 - 22,67	Defectiva
22,67- 34,60	Normal
34,60- 59,17	Excesiva
> 59,17	Trabada



## DENSIDAD DE MASA $\approx$ NÚMERO DE PIES /HA.

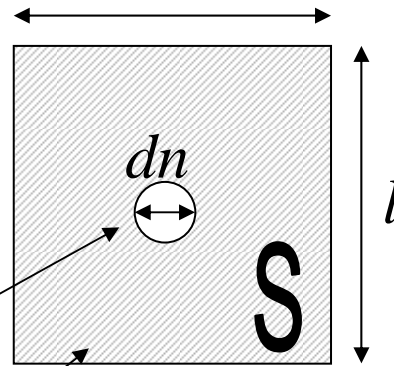
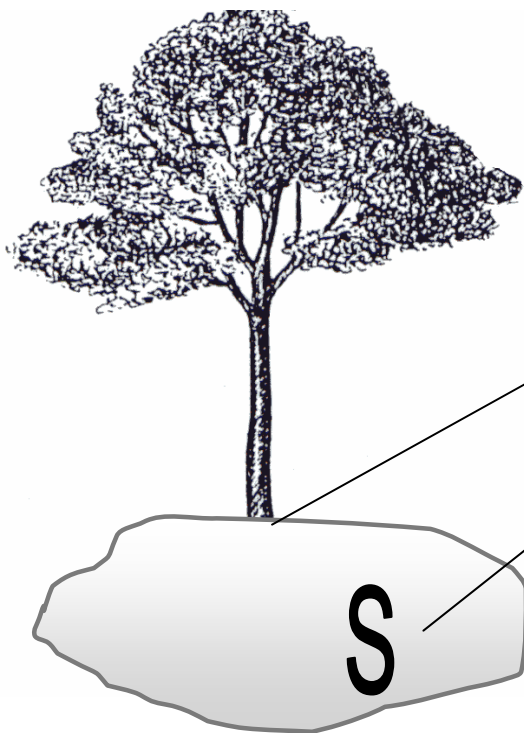
- La densidad de masa es una variable claramente relacionada con la espesura.
- Hay que valorarlo conjuntamente con otras variables de masa, ya que no tiene en cuenta las dimensiones de los pies.

# RELACIÓN DE ESPACIAMIENTO (E)

Índice de espesura que ha sido muy utilizado

Número adimensional que se investiga para cada especie, edad y calidad de estación y cuyo valor para masas en espesura completa oscila entre 10 y 30

Si consideramos un árbol aislado



$$e = \frac{l}{dn}$$

Ejemplo  $S = 36 \text{ m}^2 \rightarrow l = 6 \text{ m}$ .

$dn = 30 \text{ cm}$

$$e = \frac{6}{0,3} = 20$$



# RELACIÓN DE ESPACIAMIENTO (E)

Extendiendo este concepto a toda la masa E se define como: La relación entre las medias cuadráticas de los  $l$  y los  $dn$  de la masa

$$E = \frac{\sqrt{\frac{\sum n_i \cdot l_i^2}{\sum n_i}}}{\sqrt{\frac{\sum n_i \cdot dn_i^2}{\sum n_i}}} = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot l_i^2}{\sum n_i \cdot dn_i^2}}$$

Podemos poner E en función de la Fcc y de  $G$





## RELACIÓN DE ESPACIAMIENTO (E)

Tenemos:

$$\sum n_i \cdot l_i^2 = \frac{Fcc(\%)}{100} \cdot S_{masa}$$

$$E = \frac{\sqrt{\frac{\sum n_i \cdot l_i^2}{\sum n_i}}}{\sqrt{\frac{\sum n_i \cdot dn_i^2}{\sum n_i}}} = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot l_i^2}{\sum n_i \cdot dn_i^2}}$$

$$G(m^2/Ha) = \frac{\sum s_{ni}(m^2)}{\frac{S_{masa}(m^2)}{10.000}} = \frac{\sum n_i \frac{\pi}{4} dn_i^2}{\frac{S_{masa}}{10.000}} \Rightarrow \sum n_i \frac{\pi}{4} dn_i^2 = \frac{G \cdot S_{masa}}{10.000}$$

$$\sum n_i dn_i^2 = \frac{G \cdot S_{masa}}{10.000} \cdot \frac{4}{\pi}$$



# RELACIÓN DE ESPACIAMIENTO (E)

Tenemos:

$$\sum n_i \cdot l_i^2 = \frac{Fcc(\%)}{100} \cdot S_{masa}$$

$$\sum n_i dn_i^2 = \frac{G \cdot S_{masa}}{10.000} \cdot \frac{4}{\pi}$$

$$E = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot l_i^2}{\sum n_i \cdot dn_i^2}} = \sqrt{\frac{\frac{Fcc(\%)}{100} \cdot S_{masa}}{\frac{G \cdot S_{masa}}{10.000} \cdot \frac{4}{\pi}}} = \sqrt{\frac{100 \cdot Fcc(\%) \cdot \pi}{G(m^2/Ha.) \cdot 4}}$$

Podemos hablar de:

$E_A < E_N$  Espesura excesiva

$E_A = E_N$  Espesura normal

$E_A > E_N$  Espesura defectiva



## RELACIÓN DE ESPACIAMIENTO (E)

Una clasificación genérica a utilizar cuando no se dispone de una específica

E	Espesura
< 18	Completa
18-20	Defectiva
20-26	Abierta
26-50	Masas claras
> 50	Rasos

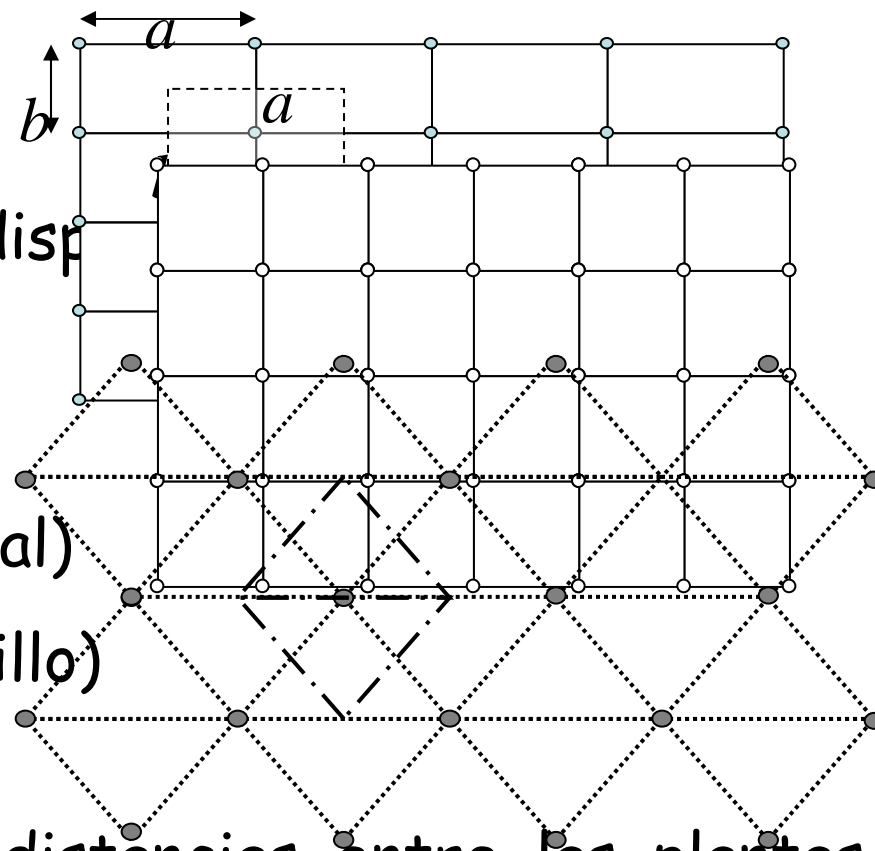


# RELACIÓN ENTRE "MARCO DE PLANTACION", "Nº DE PIES/HA." Y "ESPACIAMIENTO MEDIO"

"marco de plantacion"

En las repoblaciones frecuente disp estas tres maneras:

1. En malla rectangular
2. En malla cuadrada (a marco real)
3. En malla triangular (al tresbolillo)



El marco de plantación fija las distancias entre las plantas (espaciamento), que se encuentran en los nudos de la malla.

Conocida o supuesta una determinada distribución espacial se deduce el nº de pies/Ha. existentes

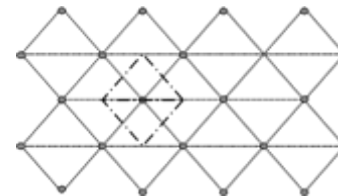
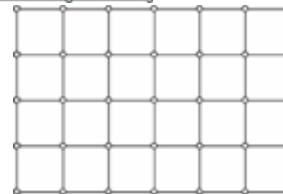
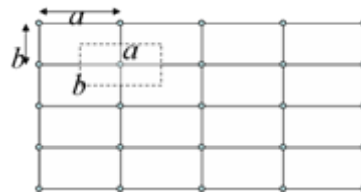


# RELACIÓN ENTRE "MARCO DE PLANTACION", "Nº DE PIES/HA." Y "ESPACIAMIENTO MEDIO"

## "marco de plantacion"

En las repoblaciones frecuente disponer los pies en una de estas tres maneras:

1. En malla rectangular
2. En malla cuadrada (a marco real)
3. En malla triangular (al tresbolillo)



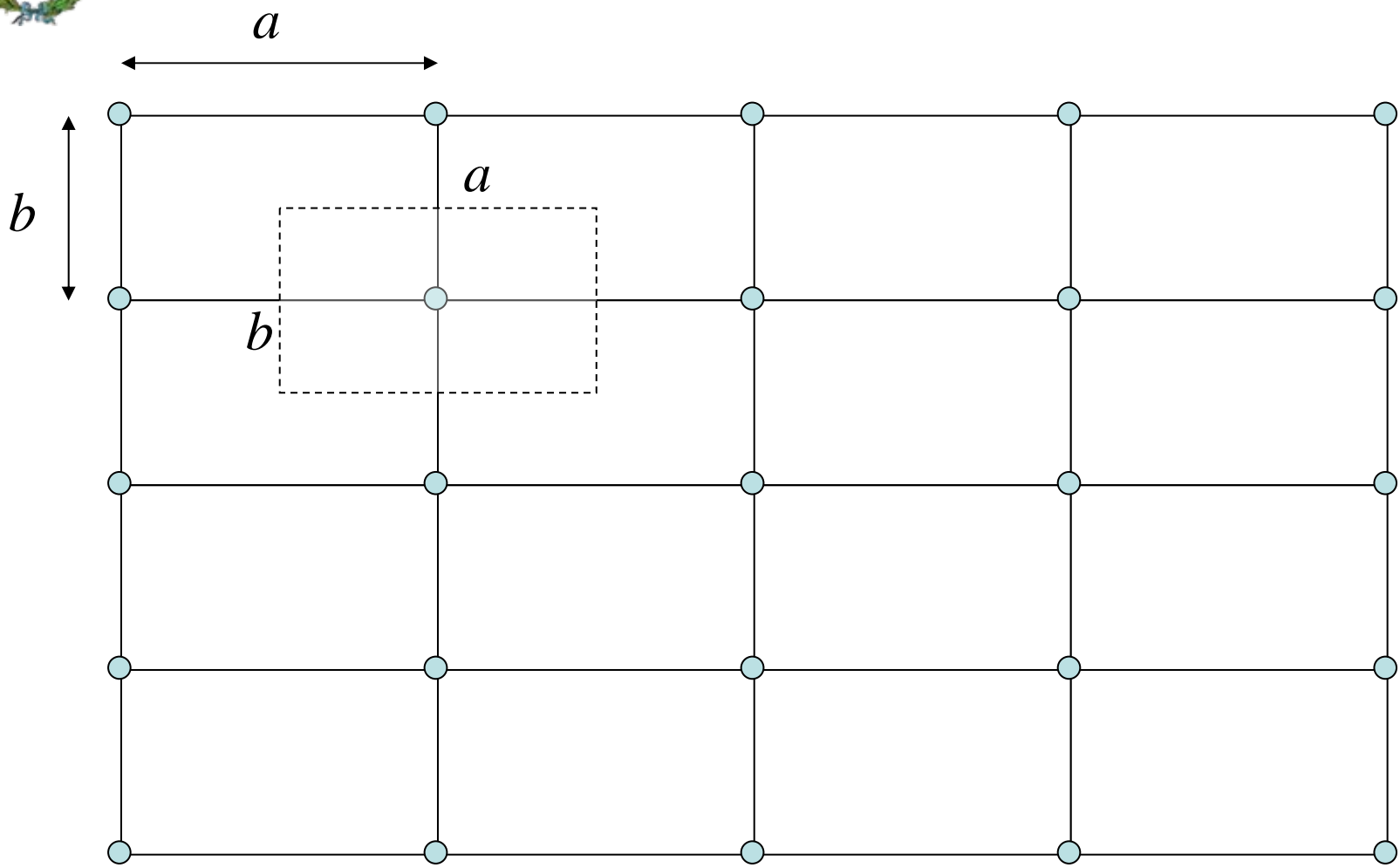
El marco de plantación fija las distancias entre las plantas (espaciamento), que se encuentran en los nudos de la malla.

***Conocida o supuesta una determinada distribución espacial se deduce el nº de pies/Ha. existentes***

# 1. En malla rectangular / Celedonio López Peña



POLITÉCNICA



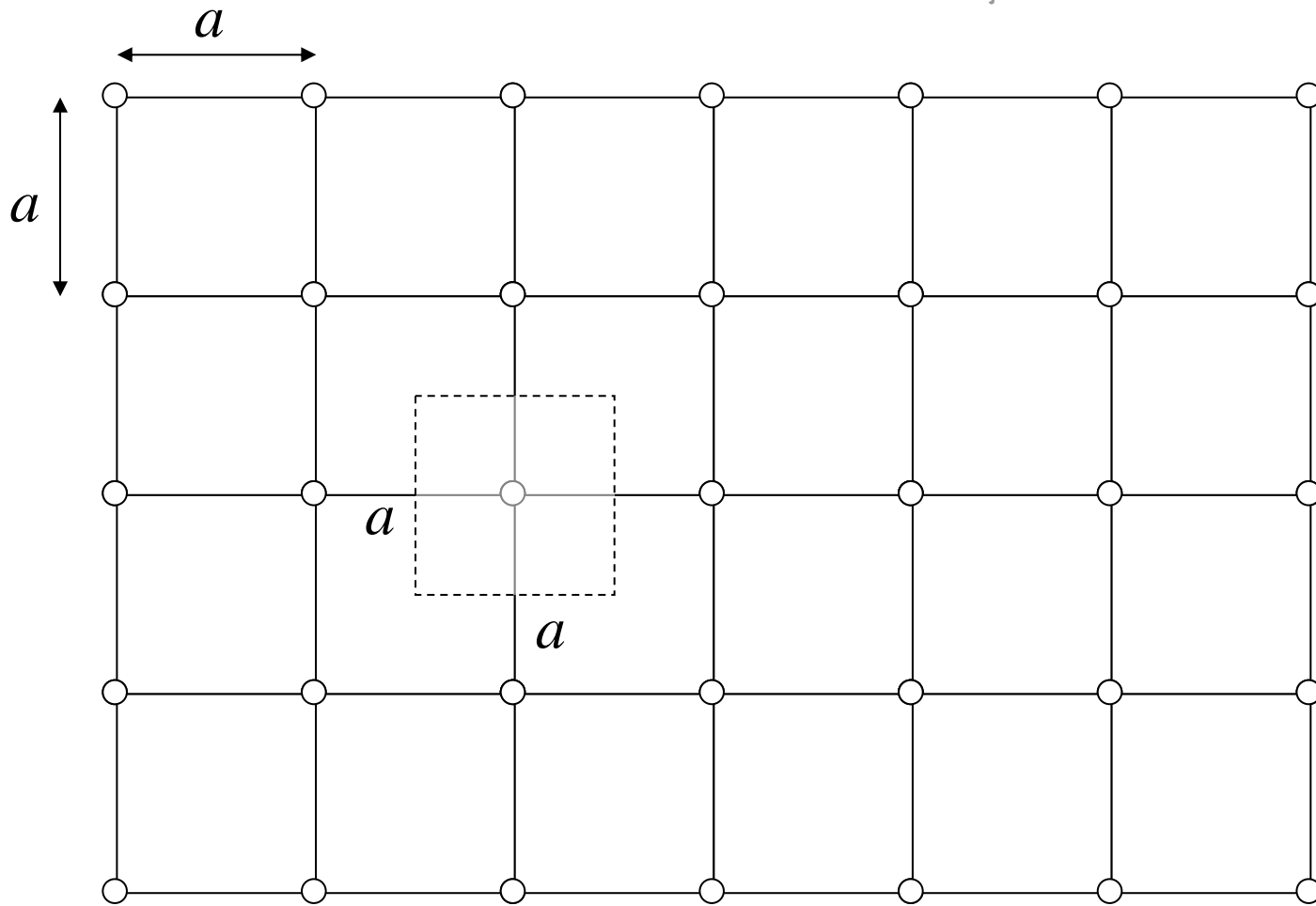
La superficie que corresponde a cada pie será  $a \cdot b$ :

$$N^{\circ} \text{ pies} / \text{Ha.} = \frac{10.000 (m^2)}{a \cdot b (m^2)}$$

## 2. En malla cuadrada (a marco real) López Peña



POLITÉCNICA

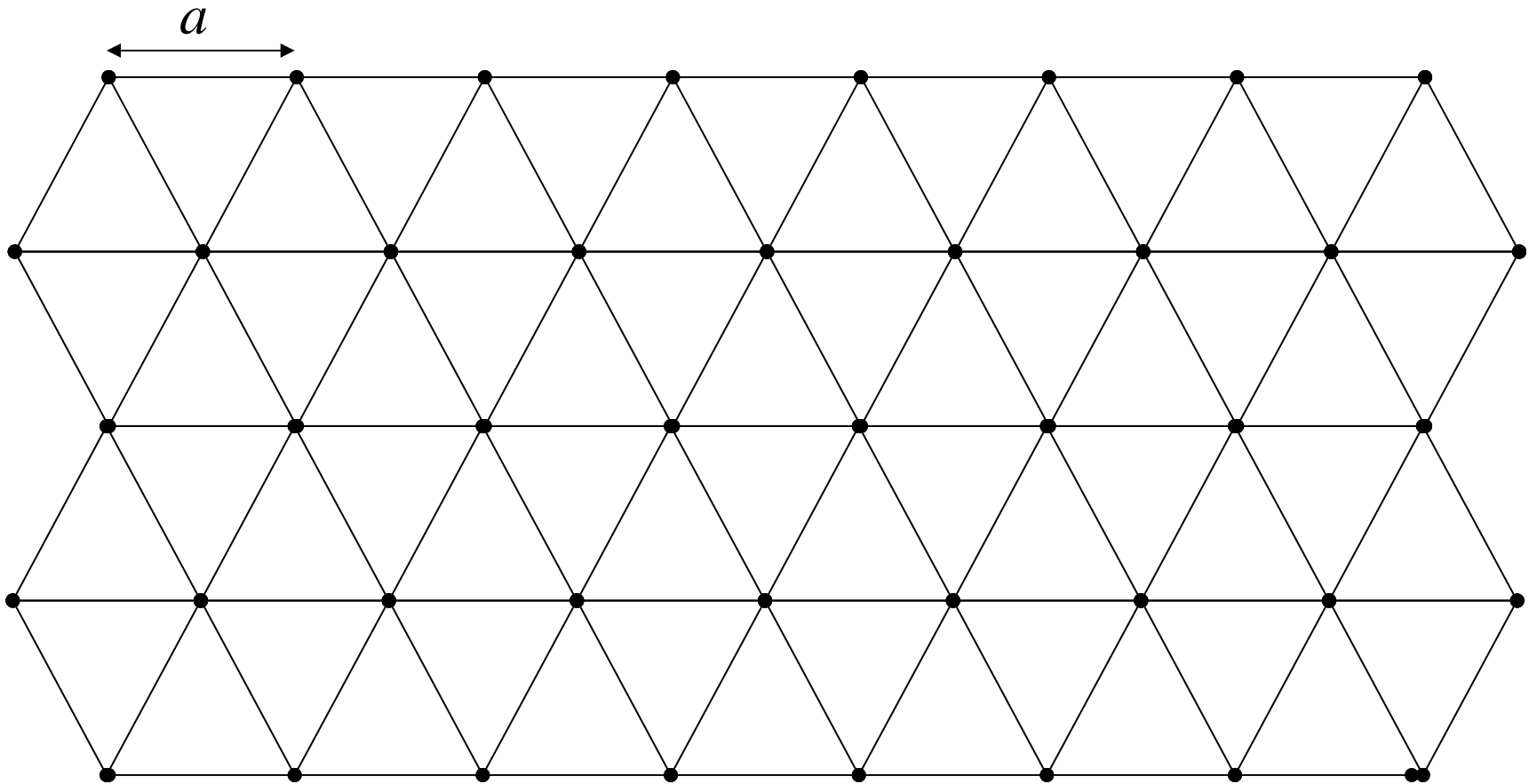


La superficie que corresponde a cada pie será  $a^2$

$$N^{\circ} \text{ pies} / \text{Ha.} = \frac{10.000 (m^2)}{a^2 (m^2)}$$



### 3. En malla triangular (al tresbolillo)

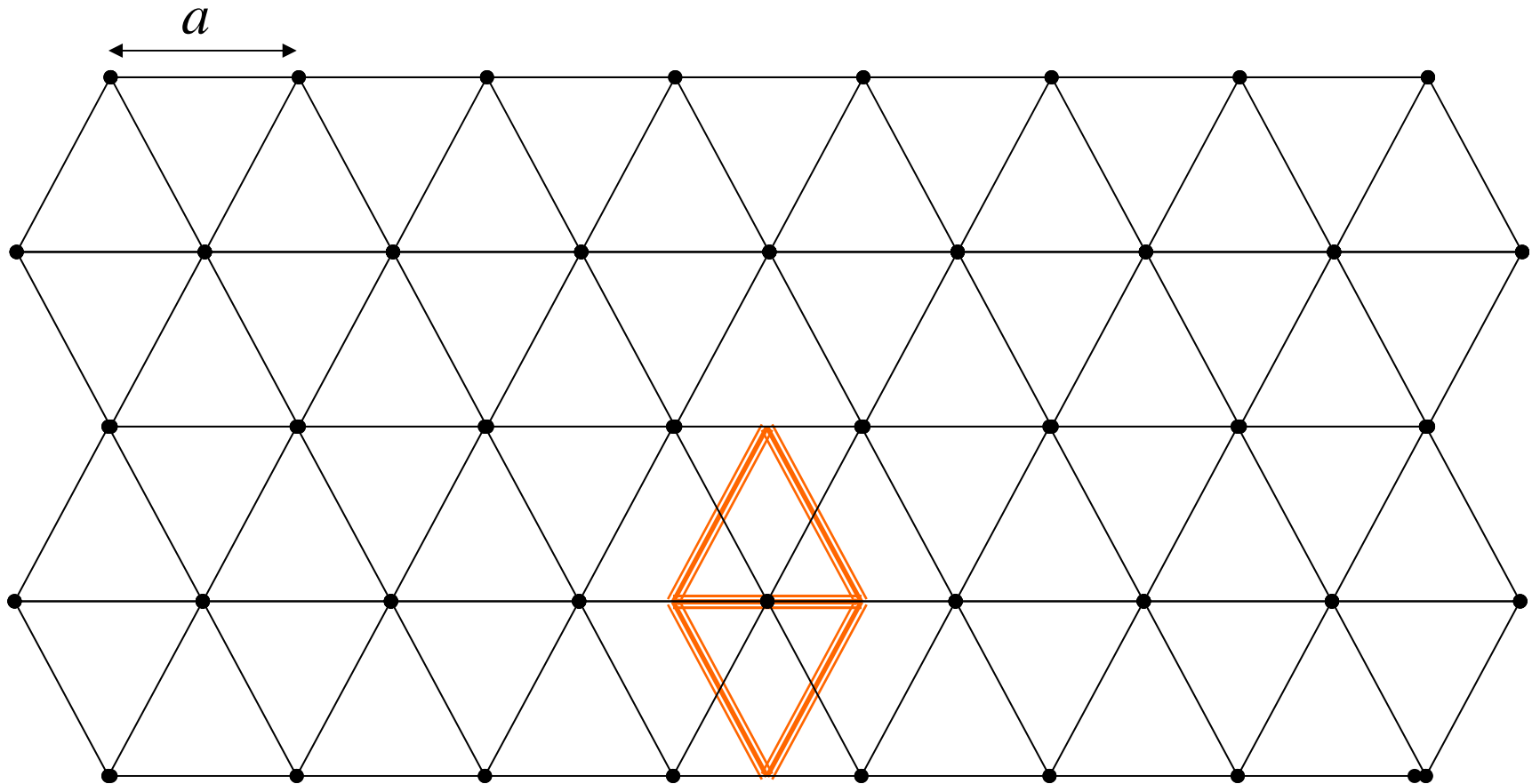


Los pies situados equidistantes ocupando los vértices de mallas formadas por triángulos equiláteros

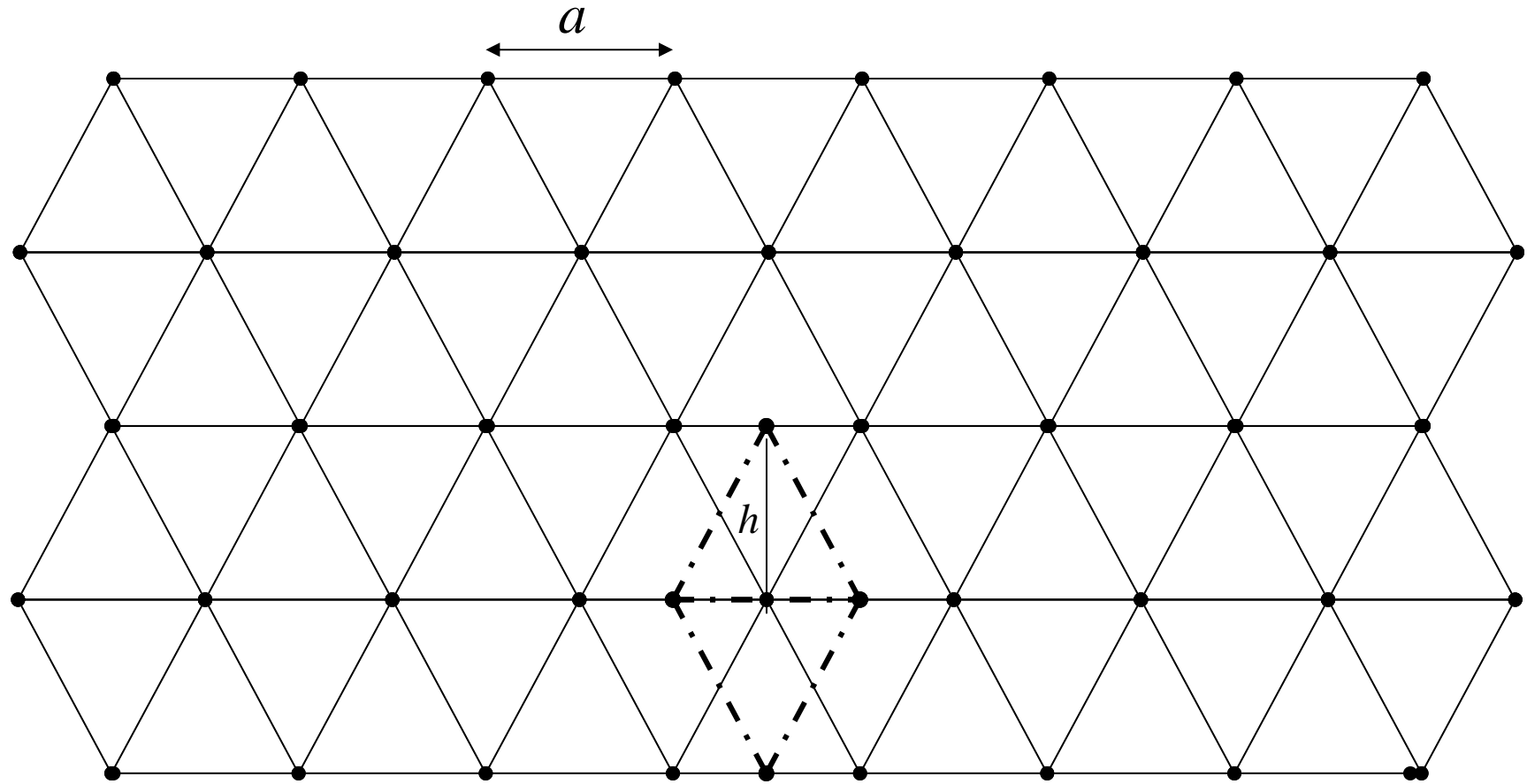




### 3. En malla triangular (al tresbolillo)



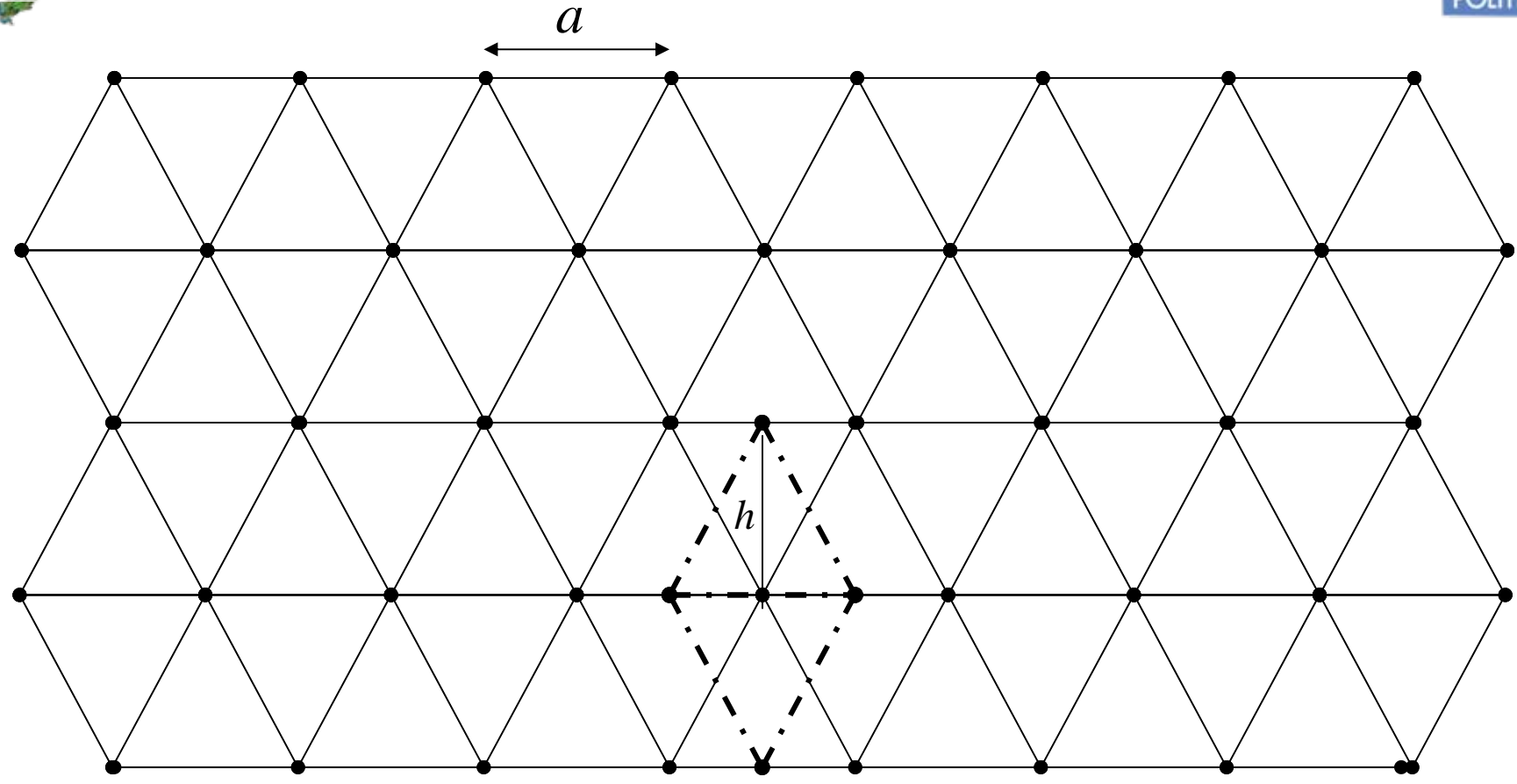
A cada pie le corresponde la superficie de un rombo de lado  $a$



$$S_{\text{rombo}} = 2 \cdot \frac{1}{2} a \cdot a \cdot \text{sen } 60 = a^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$



### 3. En malla triangular (al tresbolillo)



$$S_{rombo} = 2 \cdot \frac{1}{2} a \cdot a \cdot \text{sen } 60 = a^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$N^{\circ} / Ha. = \frac{10.000}{a^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{20.000}{a^2 \cdot \sqrt{3}}$$



El conocimiento o la asimilación de una determinada distribución espacial del arbolado a las señaladas, nos permite determinar la distancia media entre pies = ESPACIAMIENTO MEDIO o al revés El N° pies / Ha. = Densidad

En malla cuadrada

$$N^{\circ} \text{ pies} / \text{Ha.} = \frac{10.000 (m^2)}{a^2 (m^2)} \Rightarrow a = \sqrt{\frac{10.000 (m^2)}{N}}$$

Al tresbolillo

$$N^{\circ} \text{ pies} / \text{Ha.} = \frac{20.000}{a^2 \cdot \sqrt{3}} \Rightarrow a = \sqrt{\frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot N}}$$



# ÍNDICE DE HART-BECKING O FACTOR DE ESPACIAMIENTO

Razón entre el espaciamiento medio " $a$ " de los árboles de una masa y su altura dominante ( $H_o$ ), expresada en %

$$s(\%) = 100 \cdot \frac{a}{H_o}$$

Si suponemos una distribución a marco real tendremos

$$s(\%) = \frac{100}{H_o} \cdot \sqrt{\frac{10.000}{N}}$$

Si suponemos una distribución al tresbolillo tendremos

$$s(\%) = \frac{100}{H_o} \cdot \sqrt{\frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot N}}$$



## ÍNDICE DE HART-BECKING O FACTOR DE ESPACIAMIENTO

Pretende ser un índice sintético, que nos indique una espesura ideal. Para ello engloba la altura dominante ( $H_0$ ), que suponemos está relacionada con la calidad y la densidad ( $N^\circ$  pies/Ha.). No considera la edad.

Es el más utilizado, para el control de la intensidad de las claras.

Su valor aumenta al disminuir la densidad de la masa

Experimentalmente se estudian valores ideales de este índice en masas regulares monoespecíficas

Conocidos esos valores, tras el inventario, el gestor tiene una referencia para actuar, fundamentalmente en las cortas de mejora para llevar a la masa a la situación de espesura que se considera la mejor.



Utilizamos Tablas que nos proporcionan el N° pies/Ha. en función del Índice de Hart-Becking (s%) y de la "Ho"

$$N^{\circ}/Ha. = \frac{10.000}{a^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{20.000}{a^2 \cdot \sqrt{3}} \Rightarrow a^2 = \frac{20.000}{N \cdot \sqrt{3}} \Rightarrow S(\%) = \frac{\sqrt{\frac{20.000}{N \cdot \sqrt{3}}}}{H_0} \cdot 100 \Rightarrow$$

$$S(\%)^2 = \frac{20.000}{H_0^2} \cdot \frac{N \cdot \sqrt{3}}{100^2} \Rightarrow$$

$$N = \frac{20.000 \cdot 100^2}{\sqrt{3} \cdot S(\%)^2 \cdot H_0^2}$$

Ho (m.) →	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50
S(%) ↓											
14	16365	9205	5891	2618	1473	943	655	481	368	291	236
15	14256	8019	5132	2281	1283	821	570	419	321	253	205
16	12529	7048	4511	2005	1128	722	501	368	282	223	180
17	11099	6243	3996	1776	999	639	444	326	250	197	160
18	9900	5569	3564	1584	891	570	396	291	223	176	143
19	8885	4998	3199	1422	800	512	355	261	200	158	128
20	8019	4511	2887	1283	722	462	321	236	180	143	115
21	7273	4091	2618	1164	655	419	291	214	164	129	105
22	6627	3728	2386	1060	596	382	265	195	149	118	95
23	6063	3411	2183	970	546	349	243	178	136	108	87
24	5569	3132	2005	891	501	321	223	164	125	99	80
25	5132	2887	1848	821	462	296	205	151	115	91	74
26	4745	2669	1708	759	427	273	190	139	107	84	68
27	4400	2475	1584	704	396	253	176	129	99	78	63
28	4091	2301	1473	655	368	236	164	120	92	73	59
29	3814	2145	1373	610	343	220	153	112	86	68	55
30	3564	2005	1283	570	321	205	143	105	80	63	51
31	3338	1877	1202	534	300	192	134	98	75	59	48
32	3132	1762	1128	501	282	180	125	92	70	56	45
33	2945	1657	1060	471	265	170	118	87	66	52	42
34	2775	1561	999	444	250	160	111	82	62	49	40
35	2618	1473	943	419	236	151	105	77	59	47	38



# Nº pies/Ha. En función del Índice de Hart-Becking (s) y de la "Ho"

Ho (m.) →	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50
S(%)↓											
14	16365	9205	5891	2618	1473	943	655	481	368	291	236
15	14256	8019	5132	2281	1283	821	570	419	321	253	205
16	12529	7048	4511	2005	1128	722	501	368	282	223	180
17	11099	6243	3996	1776	999	639	444	326	250	197	160
18	9900	5569	3564	1584	891	570	396	291	223	176	143
19	8885	4998	3199	1422	800	512	355	261	200	158	128
20	8019	4511	2887	1283	722	462	321	236	180	143	115
21	7273	4091	2618	1164	655	419	291	214	164	129	105
22	6627	3728	2386	1060	596	382	265	195	149	118	95
23	6063	3411	2183	970	546	349	243	178	136	108	87
24	5569	3132	2005	891	501	321	223	164	125	99	80
25	5132	2887	1848	821	462	296	205	151	115	91	74
26	4745	2669	1708	759	427	273	190	139	107	84	68
27	4400	2475	1584	704	396	253	176	129	99	78	63
28	4091	2301	1473	655	368	236	164	120	92	73	59
29	3814	2145	1373	610	343	220	153	112	86	68	55
30	3564	2005	1283	570	321	205	143	105	80	63	51
31	3338	1877	1202	534	300	192	134	98	75	59	48
32	3132	1762	1128	501	282	180	125	92	70	56	45
33	2945	1657	1060	471	265	170	118	87	66	52	42
34	2775	1561	999	444	250	160	111	82	62	49	40
35	2618	1473	943	419	236	151	105	77	59	47	38





Nº pies/Ha. En función del Índice de Hart-Becking (s) y de la "Ho"

Ho (m.) →	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50
S(%)↓											
14	16365	9205	5891	2618	1473	943	655	481	368	291	236
15	14256	8019	5132	2281	1283	821	570	419	321	253	205
16	12529	7048	4511	2005	1128	722	501	368	282	223	180
17	11099	6243	3996	1776	999	639	444	326	250	197	160
18	9900	5569	3564	1584	891	570	396	291	223	176	143
19	8885	4998	3199	1422	800	512	355	261	200	158	128
20	8019	4511	2887	1283	722	462	321	236	180	143	115
21	7273	4091	2618	1164	655	419	291	214	164	129	105
22	6627	3728	2386	1060	596	382	265	195	149	118	95

Conocido el valor de referencia para una determinada masa poblada por una especie concreta del valor ideal de su Índice de Hart - Becking y determinada su Altura Dominante (Ho), entrando con esos valores en la Tabla, vemos cual debe ser la densidad de la masa.



# Nº pies/Ha. En función del Índice de Hart-Becking (s) y de la "Ho"

Ho (m.) →	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50
S(%)↓											
14	16365	9205	5891	2618	1473	943	655	481	368	291	236
15	14256	8019	5132	2281	1283	821	570	419	321	253	205
16	12529	7048	4511	2005	1128	722	501	368	282	223	180
17	11099	6243	3996	1776	999	639	444	326	250	197	160
18	9900	5569	3564	1584	891	570	396	291	223	176	143
19	8885	4998	3199	1422	800	512	355	261	200	158	128
20	8019	4511	2887	1283	722	462	321	236	180	143	115
21	7273	4091	2618	1164	655	419	291	214	164	129	105
22	6627	3728	2386	1060	596	382	265	195	149	118	95
23	6063	3411	2183	970	546	349	243	178	136	108	87
24	5569	3132	2005	891	501	321	223	164	125	99	80
25	5132	2887	1848	821	462	296	205	151	115	91	74
26	4745	2660	1700	750	427	270	180	130	107	84	68

Por ejemplo: Si se trata de una masa de *Pinus sylvestris*, con una Ho de 25 m. y cuya situación ideal nos la define un factor de espaciamiento del 22%, vemos que la densidad óptima sería de 382 pies/Ha.



Pita-Carpenter señala como valores entre los que debe estar el Índice de Hart-Becking para las principales coníferas españolas según circunstancias de edad y calidad de estación en las siguientes:

Especie	S(%)
P. uncinata	16% - 20 %
P sylvestris	17% - 22 %
P, nigra	18% - 25 %
P. Pinaster (norte)	20% - 25 %
P. Pinaster (continental)	25 % - 35 %
P. halepensis	30 % - 45 %



Clasificación de espesura para Pinus pinaster resinado, en función de distintos parámetros de espesura. Valle del Tietar (Avila) - Begoña Rascón (1997)

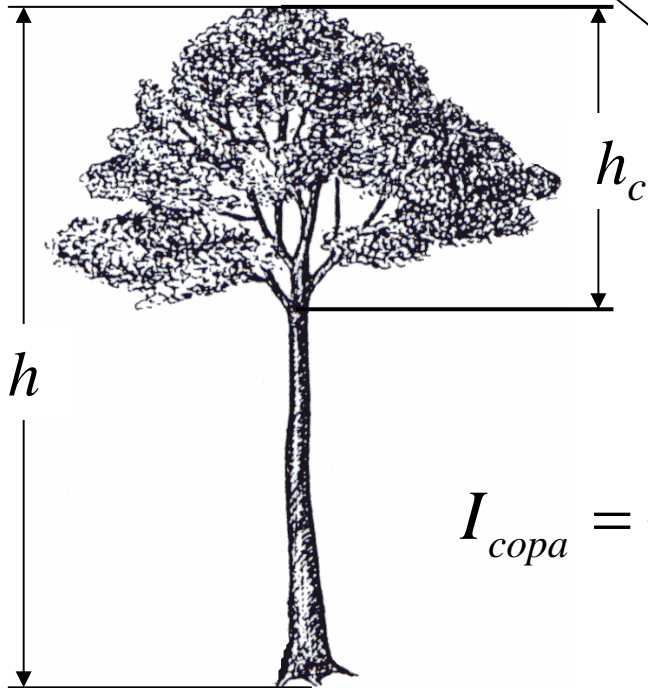
Espesura	S(%)	E	G (m <sup>2</sup> /Ha.)	Fcc (%)
Raso	> 100	> 31	< 6	0 - 10
Clara	80 - 100	26 - 31	6 - 10	10 - 40
Abierta	50 - 80	18 - 25	10 - 20	40 - 70
Defectiva	40 - 50	14 - 17	20 - 35	70 - 85
Completa	38 - 40	13	35 - 40	85 - 100
Excesiva	< 38	< 12	> 41	> 100



## Otros índices relacionados con la espesura de la masa

Reyneke, Czarnonski, Braum, poco utilizados en España. No los señalamos.

Índice de copa viva: Un mayor o menor desarrollo de la copa relacionado con la espesura, a mayor espesura menor copa.



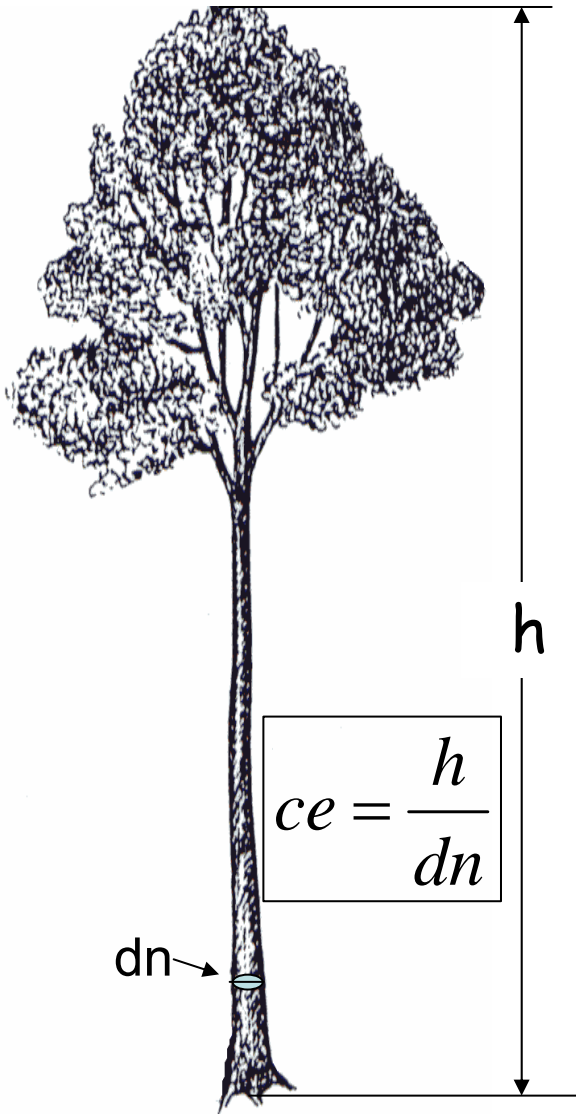
$$I_{copa} = \frac{h_{copa}}{h}$$

Referido a la masa

$$I_{copa} = \frac{H_{media\ copa}}{H_{media}}$$



# COEFICIENTE DE ESBELTEZ O FACTOR DE ESTABILIDAD



Referido a la masa

$$CE = \frac{H_{media}}{D_{medio}}$$

Aconsejable medias cuadráticas

Ejemplo:

$$H_{media} = 20 \text{ m.}$$

$$D_g = 38 \text{ cm.}$$

$$CE = \frac{20 \text{ m.}}{0,38 \text{ m.}} = 53$$

Ejemplo:

$$H_{media} = 14 \text{ m.}$$

$$D_g = 12 \text{ cm.}$$

$$CE = \frac{14 \text{ m.}}{0,12 \text{ m.}} = 116$$



## COEFICIENTE DE ESBELTEZ O FACTOR DE ESTABILIDAD

En masas forestales, se entiende que cuanto menor sea la relación de esbeltez del árbol medio, la masa será más estable, frente al riesgo de derribos por nieve, vientos, etc...

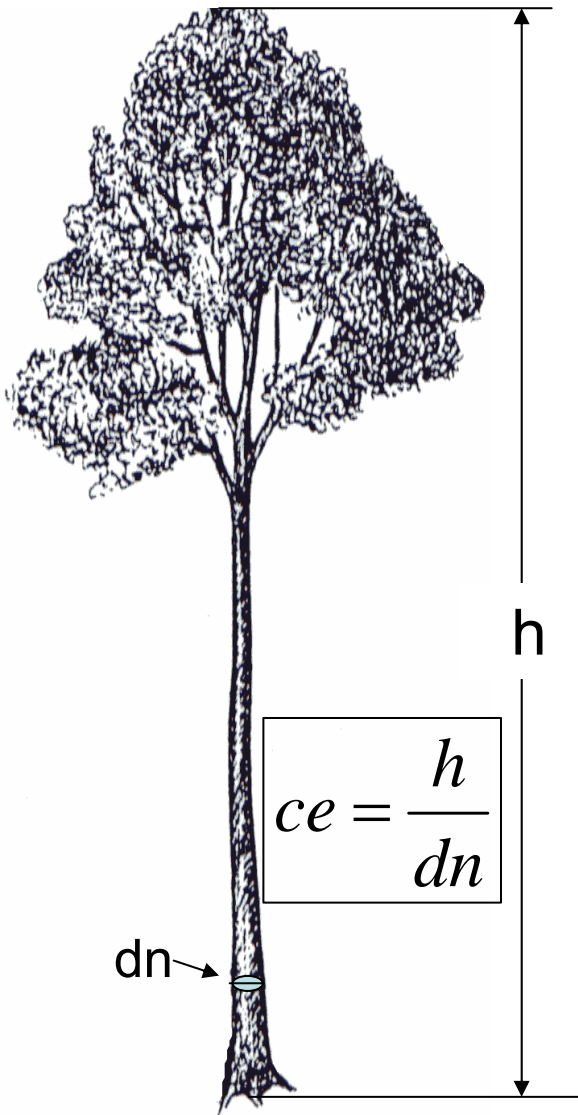
De forma genérica podemos señalar que:

Si  $CE < 80 \rightarrow$  Masa resistente (estable)

Si  $CE > 100 \rightarrow$  Masa frágil (poco estable)



# COEFICIENTE DE ESBELTEZ O FACTOR DE ESTABILIDAD



En árboles individuales, la relación  $h/dn$  informa sobre la posición social de los árboles

En el momento de las claras, se aconseja dejar árboles dominantes y codominantes con  $ce < 80$