

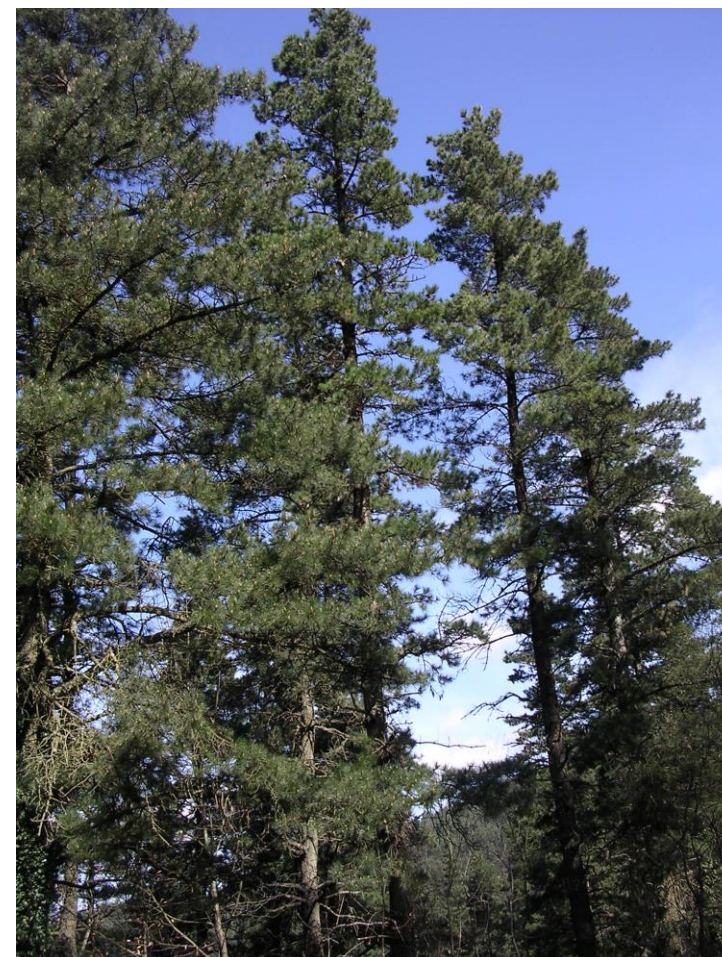
# Técnicas de inventario forestal por muestreo aleatorio sistemático.



**Objetivo:** Conocer la técnica de obtención de información del monte para una planificación sostenible.

## Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Estratificación. División en rodales.....	1
2.1.	Instrumentos y métodos para realizar la definición de rodales .....	4
2.2	Criterios para la caracterización silvícola del rodal.....	5
3.	Diseño del inventario forestal.....	6
3.1.	Cálculo de la intensidad de muestreo.....	7
3.2.	Situación de las parcelas de muestreo.....	9
3.3.	Características de las parcelas de muestreo.....	10
3.4.	Medición de variables forestales. Instrumentos de medida.....	10
3.5.	Ejemplo práctico de determinación del muestreo para un I.F.....	11
4.	Validación del muestreo. ....	14
4.1.	Cálculo del error de muestreo.....	14
4.2.	Ejemplo práctico de validación del muestreo.....	15
5.	Conclusión.....	17
6.	Bibliografía.....	18



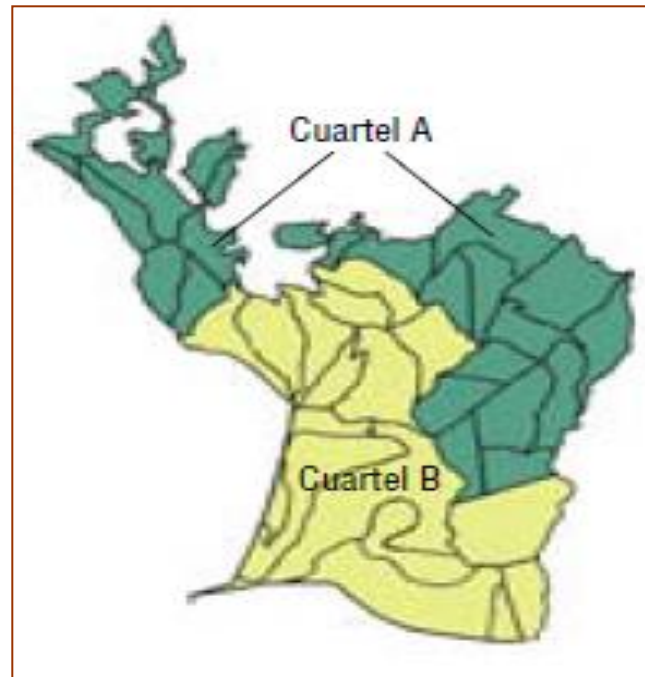
# 1. Introducción

El inventario forestal es el procedimiento para obtener y organizar la información descriptiva, cuantitativa y cualitativa de una masa o área forestal, fundamentalmente en lo referente a la vegetación leñosa que la compone” (López Peña, C.- Universidad Politécnica de Madrid-). Se trata de una fase previa a cualquier planificación. El conocimiento de la situación actual de la masa forestal y de su posible evolución capacitará al gestor para planificar las actuaciones más adecuadas para obtener los objetivos planteados.

## 2. Estratificación. División en rodales.

Debido a la gran variabilidad y forestales es necesario, en un estratificación o división en homogéneas que nos faciliten la su posterior gestión. A este proceso se le denomina “división jerárquica” que permitirá

- Cuarteles: son grandes unidades homogéneas. Son identificadas con letra mayúsculas (A, B, C ...)
- Cantones: son unidades homogéneas en cuanto a características y que se caracterizan por tener una



diversidad de tipologías de masas forestales en el primer nivel, realizar una división en unidades más pequeñas y más homogéneas para la caracterización de la masa forestal y el proceso se le denomina “división jerárquica” que permitirá definir las siguientes unidades: unidades de propiedad con poca variabilidad y se identifican con territorios más pequeños y más homogéneos en cuanto a características ecológicas y calidad de

*Ejemplo de división en cuarteles (De González y Piqué 2001)*

límites fácilmente identificables. Son permanentes y se identifican con números (1, 2, 3 ...)

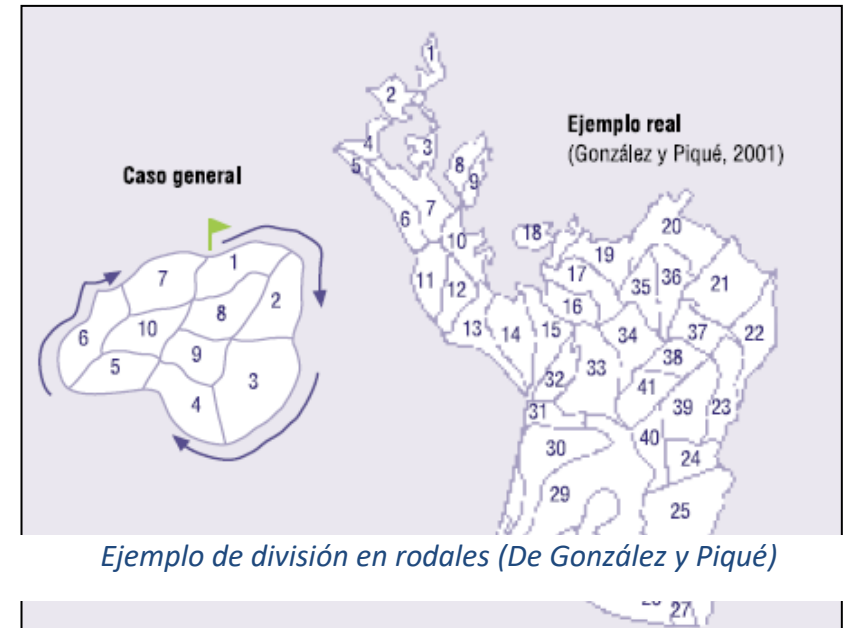
- c) Rodales: son las unidades más homogéneas en que se dividen los cantones. Son las unidades últimas de inventario y gestión. Son temporales hasta la revisión del plan técnico (5-10 años) en que se pueden redefinir. Se identifican con letras minúsculas (a, b, c ...)

En el ejemplo de la figura 1 y 2 se muestra una división en cuarteles (*“Manual de ordenación por rodales”*. Autores: José M<sup>a</sup> González, Miriam Piqué y Pau Vericat. Centre Tecnològic y Forestal de Catalunya.)

**Cuartel A:** (541 ha) formado por cantones predominantemente arbolados en las partes bajas hasta 1700 m. de altitud con uso prioritario de producción maderera y recreo.

**Cuartel B:** (596 ha) formado por cantones arbolados de las partes altas y pastos alpinos.

En una fase posterior se caracterizarán los rodales y se determinará el tipo de inventario a realizar: estimación pericial inmediata o inventario dasométrico por muestreo.

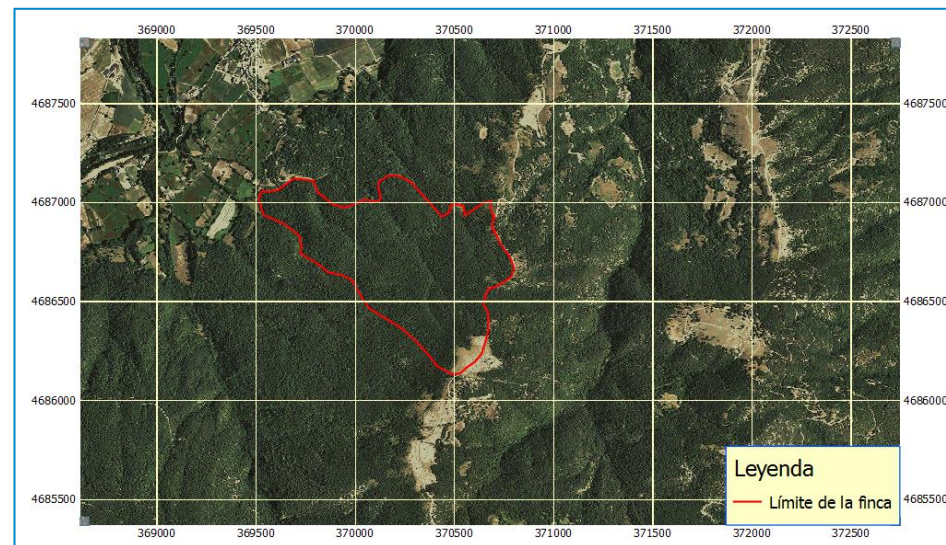




## 2.1 Instrumentos y métodos para realizar la definición de rodales.

El primer paso consiste en la utilización de la cartografía más adecuada: ortofotomapa i mapa topográfico a escalas 1:5000 o 1:10000 (ejemplo fig. 3 y 4). Sobre esta cartografía se dibujarán los límites de los rodales que se vayan identificando. La utilización de los SIG (Sistemas de Información geográfica) o diferentes tipos de visores geográficos son muy interesantes para facilitar el trabajo. Existen numerosos organismos y entidades que facilitan esta información cartográfica, disponible en internet por ejemplo:

- Instituto cartográfico y geológico de Catalunya (<http://www.icgc.cat/>).
- Mapa de cubiertas del suelo de Catalunya (<http://www.creaf.uab.es/mcsc/>).
- Institut National de l'Information Géographique et Forestière. (<http://www.geoportail.gouv.fr/>).
- Visor de cartografía catastra del Ministerio de Hacienda y Función Pública



*Ejemplo de imagen por satélite. Límites de la finca forestal*

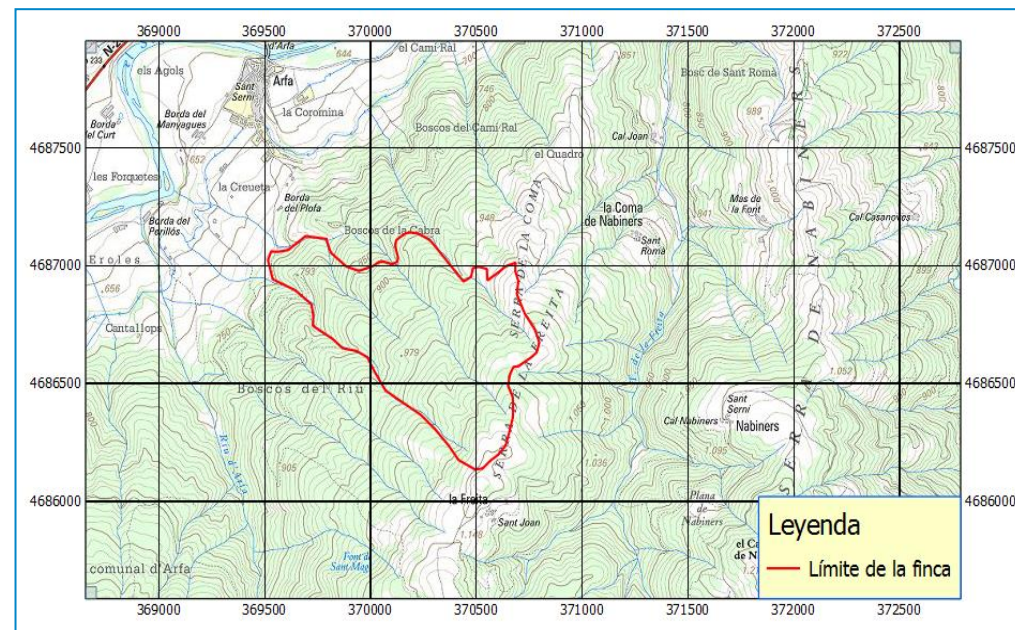
(<https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapaC.aspx>).

- Google Earth: ortofoto y topografico.

## 2.2. Criterios para la caracterización silvícola del rodal.

Con la ayuda de la cartografía se recorrerá la zona forestal y se irán delimitando los diferentes rodales los cual se irán caracterizando. Se realizará una descripción silvícola cualitativa. Los criterios para esta descripción son los siguientes:

- Especies arbóreas principales, secundarias y accesorias.
- Tipos de mezclas: pie a pie, por golpes, por bosquetes, por parcelas.
- Estructura de la masa: monoestratificada, biestratificada y multiestratificada.
- Distribución por edad: coetánea, regular, semirregular o irregular.
- Forma fundamental: monte alto, medio o bajo.
- Clases naturales de edad: Diseminado, repoblado, monte bravo, latizal o fustal.
- Edad.
- Índice de espesura



Ejemplo de mapa topográfico. Límites de la finca.

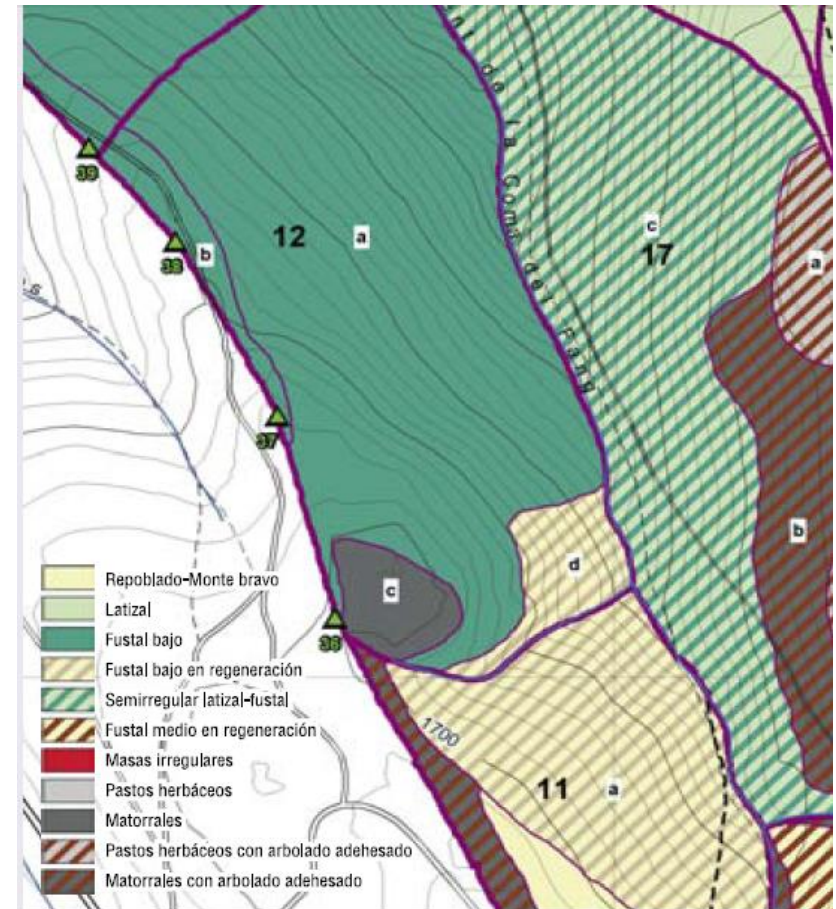


- Estado del regenerado.
- Vitalidad de la masa.
- Otros aspectos: estimación pericial inmediata, modelos de combustible i fauna.

Todos estos parámetros quedaran recogidos en una ficha (estadillo) en la cual también puede ponerse una foto y se confeccionará el mapa de rodalización (ejemplo figura 5).

### 3. Diseño del inventario forestal.

El tipo de inventario que se describe es el inventario por muestreo sistemático. En el que la unidad de muestreo o parcela se distribuye en el espacio siguiendo un esquema determinado, con el objetivo de cubrir uniformemente toda la superficie. Las parcelas se distribuyen en los vértices de una malla que se superpone sobre el plano del monte.



*Ejemplo de mapa de rodalización con definición de los diferentes tipos de rodales*

### 3.1. Cálculo de la intensidad de muestreo.

La intensidad de muestreo se define como el número de parcelas de muestreo que se debe realizar por rodal. Este parámetro depende de la precisión que se quiera en el muestreo (error) y de la variabilidad o heterogeneidad de la masa. Cuando se quiera una mayor precisión (menor error de muestreo), el número de muestras es mayor aunque también será más costoso el inventario en tiempo y dinero. Cuando se trata de rodales heterogéneos, la intensidad de muestreo es mayor. La variable que utilizaremos para determinar esta variabilidad es el área basimétrica. Para el cálculo del número de parcelas de muestreo se utiliza la siguiente expresión:

$$n = \frac{t^2 CV^2}{E^2 + \frac{4CV^2}{N}}$$

**n = número de parcelas de muestreo en el rodal**

**t = t de student (parámetro estadístico). En inventario forestal t=2 para una probabilidad fiducial que acostumbra a ser del 95%.**

**CV= coeficiente de variación.**

**E = error relativo máximo admisible (en función del objetivo de gestión)**

**N = número de parcelas de igual superficie que componen la población en el**

El procedimiento práctico para la determinación del número de parcelas de muestreo en un rodal es el siguiente:

- a) **Estimación del coeficiente de variación (CV)** : Para ello se tiene que realizar un muestreo piloto, en diagonal sobre el rodal, y medir el área basimétrica en diferentes puntos. Podemos utilizar aplicaciones para smartphone (ej. MOTI) o seguir el método del conteo angular con el relascopio de cadena o relascopio de Bitterlich.
- b) **Establecer un error máximo en función del objetivo del inventario y tipología de masa.** Para ello se puede utilizar las orientaciones de la tabla nº 1.

Tipo de masa	Objetivo del inventario	Tipo de inventario y error máximo
Masas maduras en proceso de regeneración o últimas claras	Máxima fiabilidad	Muestreo con error máximo del 10 % del AB en superficies de rodales mayores a 30 ha. Y 20 % en rodales de menos de 30 ha.
<p>Masas adultas con objetivo de producción de leña.</p> <p>Masas susceptibles de claras comerciales</p> <p>Massas jóvenes susceptibles de claras no comerciales o repoblaciones forestales muy jóvenes.</p>	<p>Estimación del volumen de leñas</p> <p>Determinación de tratamientos selvícolas y obtención de productos intermedios.</p> <p>Determinación de tratamientos selvícolas.</p>	<p>Estimación de los parámetros mediante parcelas de muestreo. Sin error máximo.</p> <p>Muestreo con error máximo del 25 % del AB en superficies de masa inferiores a 30 ha. Errores máximos del 15 % en superficies mayores a 30 ha.</p> <p>Se admite un error superior al 25 % si los productos tienen un valor comercial bajo.</p> <p>Muestreo sin error máximo.</p>

*Errores máximos admisibles en función del tipo de masa*



También podemos utilizar la siguiente tabla (tabla 2):

E/CV	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8
0,05	16	64	144	256	400	1.024
0,10	4	16	36	64	100	256
0,15	2	7	16	28	44	114
0,20	1	4	9	16	25	64
0,25	1	3	6	10	16	41

Determinación del número  
de parcelas de muestreo,

En esta tabla se puede observar que a mayor coeficiente de variación (heterogeneidad de la masa) y a mayor error admisible, mayor será el número de parcelas de muestreo que se tendrá que realizar en el rodal correspondiente.

### 3.2. Situación de las parcelas de muestreo.

El replanteo de las parcelas de muestreo consiste en situar sobre el terreno estas parcelas. Consiste en definir las coordenadas geográficas de lo que será el centro de la parcela. El muestreo que se describe es el sistemático sobre una malla cuadrada regular. Para ello se procede de la siguiente manera:

a) Cálculo de la distancia entre parcelas de muestreo (a):

$$a = \sqrt{\frac{S}{n}}$$

a= distancia entre parcelas de muestreo.

S= superficie del rodal.

n= número de parcelas de muestreo.

- b) Escoger al azar un punto aleatorio sobre el mapa de coordenadas geográficas conocidas. Situar sobre este punto un vértice de la malla (punto de referencia).
- c) Calcular las coordenadas de los vértices de la malla situados dentro del rodal a partir del punto de referencia. Las coordenadas de estos puntos serán el centro de las parcelas de muestreo.

### 3.3. Características de las parcelas de muestreo.

Las parcelas de muestreo serán circulares para evitar direcciones privilegiadas. Las dimensiones dependerán de la heterogeneidad y densidad de la masa de tal forma que en rodales muy densos interesa reducir el radio de la parcela. En rodales heterogéneos interesa también reducir el radio de la parcela y aumentar el número de éstas para captar mejor la variabilidad. El número de pies mayores ( $D_n > 7,5$  cm.) que sería ideal medir en cada parcela está entre 15 y 25 pies aproximadamente. Se corregirá la superficie de cada parcela en función del pendiente del terreno sobre el que se sitúa de la siguiente forma:

$$S_{pm} = \pi R^2 \cos(\alpha)$$

$S_{pm}$  = Superficie de la parcela de muestreo

R = Radio de la parcela

$\alpha$  = ángulo de la pendiente del terreno

### 3.4. Medición de las variables forestales. Instrumentos de medida.

Para cada especie presente en la parcela de muestreo se medirán las siguientes variables:

- a) Diámetro normal ( $D_n$ ) de todos los pies de la unidad de muestreo mayores o iguales a 7,5 cm de diámetro, para ello se utilizará una cinta diamétrica o forcípula. El diámetro normal es el que se sitúa a 1,3 m. del suelo (1,5 en Bélgica). Estos se clasificarán por clases diamétricas.

- b) Altura(H) de los árboles tipo. El instrumento que se utilizará será un clinómetro o hipsómetro.
- c) Crecimiento (C) cuantificado como la longitud en mm de los 10 últimos anillos y edad (conteo de anillos) de los árboles tipo. Se extraerá una muestra con la barrena de Pressler.
- d) Grosor de corteza los árboles tipo mediante un calibrador de corteza.

#### DEFINICIÓN DE ÁRBOL TIPO

Es un árbol representativo de la parcela de muestreo. Normalmente se escoge un árbol de cada clase diametral próximo al centro de la clase. Tiene que medirse como mínimo 4 o 5 árboles tipo de cada parcela.

### 3.5. Ejemplo práctico de determinación del muestreo para un inventario forestal.

Se considera el siguiente supuesto:

*Especie: Quercus robur.*

Situación: Región de Bourgogne (Departamento de Saône-et-Loire)

Edad: 70 años (Fustal maduro). Estructura regular.

Objetivo de gestión: producción de madera (gestión sostenible)

Superficie del rodal: 56,5 ha.

Características de las parcelas de muestreo: circulares de radio 15 m. (adecuado a la densidad de la masa.) Superficie = 706,8 m<sup>2</sup>.



*Quercus robur*

### a) Cálculo de la intensidad de muestreo.

Aplicando la fórmula del punto 3.1 y considerando un CV= 20 % (\*) y un error máximo admisible del 15 % (tabla 1: “masa susceptible de claras comerciales con una superficie mayor de 30 ha).

*(\*) El coeficiente de variación se determina con un muestreo piloto sobre el área basimétrica y utilizando un relascopeo de Bitterlich o de cadena. También podría hacerse una hipótesis en base a la experiencia del técnico.*

Cálculos:

$$N = \frac{565000}{706,8} \approx 799 \quad n = \frac{4 \times 0,2^2}{0,15^2 + \frac{4 \times 0,2^2}{799}} \approx 7 \quad I_m = \frac{7}{799} \approx 0,01$$

(I<sub>m</sub>= Intensidad de muestreo)

El número de parcelas de muestreo es de 7.

### b) Situación de las parcelas de muestreo.

Para situar las parcelas de muestreo se considera una distribución sistemática sobre una malla regular. Se determina un punto de referencia (aleatorio). En nuestro ejemplo las coordenadas de este punto son:

Pr: UTMx: 642880 mE, UTM<sub>y</sub>: 5194690 mN, (31T).

Cálculo de la distancia entre parcelas de muestreo según la fórmula del punto 3.2:



Las coordenadas geográficas de la siguiente figura:

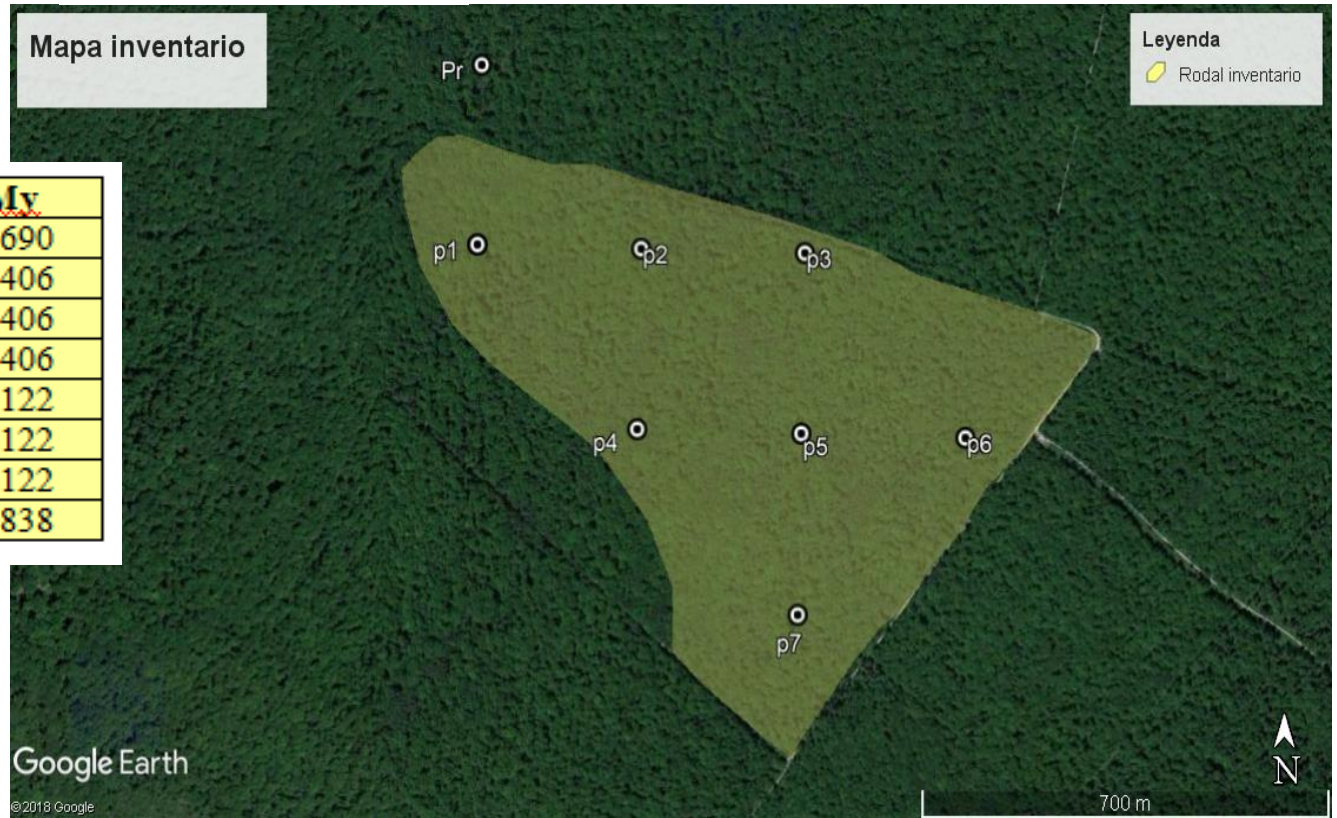
$$a = \sqrt{\frac{565000}{7}} = 284m$$

los puntos de muestreo son las que se indican en

<u>Pr</u>	<u>UTM x</u>	<u>UTMy</u>
1	642880	5194690
2	643164	5194406
3	643448	5194406
4	643164	5194122
5	643448	5194122
6	643732	5194122
7	643448	5193838

Mapa de inventario situación de las parcelas de muestreo.

Coordenadas catesianas



## 4. Validación del muestreo.

En cada parcela de muestreo se medirán las diferentes variables descritas en el punto 3.4. Un paso previo al procesado de los datos para la caracterización silvícola de la masa será comprobar el error de muestreo. Si el error de muestreo es inferior al máximo admisible, el muestreo será válido y se continuará con el procesado de datos, en caso contrario se deberá aumentar la intensidad de muestreo o redefinir la rodalización (estratificación).

### 4.1. Cálculo del error de muestreo.

Para el cálculo del error de muestreo utilizaremos el área basimétrica o área basal que es la variable que mejor se ajusta porque se obtienen directamente de la medida de diámetros normales.

La expresión matemática que nos permite el cálculo del error es:

$$E(\%) = \frac{tCV}{\sqrt{n}} \sqrt{1 - \frac{n}{N}}$$

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} 100$$

**n** = número de parcelas de muestreo en el rodal

**t** = t de student (parámetro estadístico). En inventario forestal **t=2** para una probabilidad fiducial que acostumbra a ser del 95%.

**CV**= coeficiente de variación.

**E** = error relativo máximo admisible (en función del objetivo de gestión)

**N** = número de parcelas de igual superficie que componen la población en el total de la superficie de muestreo.

**s**= desviación estándar de la muestra.

**$\bar{x}$**  = media de la muestra de inventario.

## 4.2. Ejemplo práctico de validación del muestreo.

Se considera el siguiente supuesto:

Especie: *Pinus sylvestris*.

Situación: C. A. Catalunya (zona del Prepirineo).

Superficie del rodal: 35 ha

Edad: 50 años (Fustal). Estructura regular.

Calidad de estación media. Bajo riesgo de incendio.

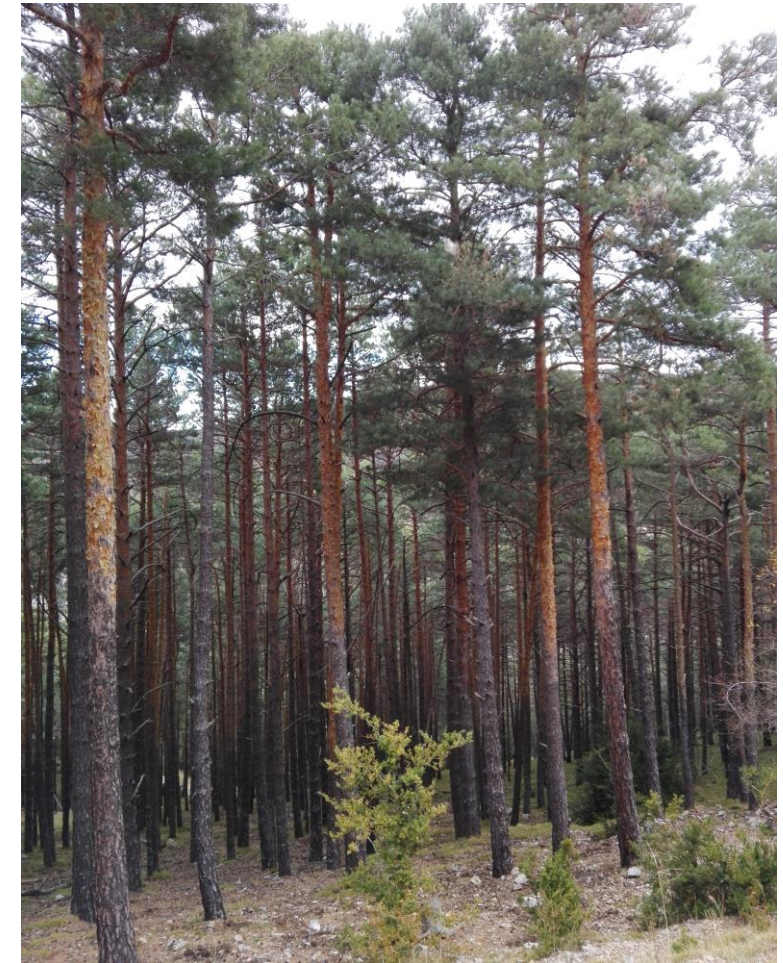
Objetivo de gestión: producción de madera (gestión sostenible)

Muestreo:

Error máximo admisible: 15 % (ver tabla nº 2).

Valores del muestreo. Área basimétrica (m<sup>2</sup>/ha): 42,0 - 35,4 - 40,5 - 47,2 - 41,0 - 46,3. (n=6)

Características de las parcelas de muestreo: circulares de radio 10 m. (adecuado a la densidad de la masa.) Superficie = 314,16 m<sup>2</sup>.



*Pinus sylvestris* (masa regular)

Media de la muestra de inventario:  $\bar{x} = 42,02 \text{ m}^2/\text{ha}$  . Desviación estándar de la muestra:  $S = 4,29 \text{ m}^2/\text{ha}$   
 $n = 6$      $t = 2$ .

Cálculo del coeficiente de variación del muestreo:  $CV = \frac{4,29}{42,02} \times 100 = 10,20\%$

Cálculo del número de parcelas de igual superficie que componen la población en el total de la superficie de muestreo:

$$N = \frac{350000}{314,16} \approx 1114$$

Cálculo del error:  $E(\%) = \frac{2 \times 10,2}{\sqrt{6}} \sqrt{1 - \frac{6}{1114}} = 8,3\%$

El error de muestreo es de 8,3 % inferior al error máximo admisible (15 %) por consiguiente se considera que es válido el muestreo. El técnico podrá proceder al cálculo de los diferentes parámetros forestales (diámetro medio cuadrático, altura media, área basimétrica, creimiento ...) que posibiliten la gestión de esta masa forestal.



## 5. Conclusión.

Para el manejo forestal sostenible, es necesario realizar un inventario forestal que permita caracterizar y aplicar las técnicas silvícolas más apropiadas.

El muestreo sistemático es el más apropiado para la gestión forestal. Es una muestra más fiable.

El técnico forestal debe trabajar con un grado de fiabilidad adecuado de acuerdo al objetivo de gestión para optimizar los recursos.

## 6. Bibliografia

- Manual de ordenación por rodales. Gestión multifuncional de los espacios forestales. Autores: José María González Molina, Miriam Piqué Nicolau y Pau Vericat Grau. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Diciembre 2006.
- L'inventari dendromètric en els plans tècnics de gestió forestal (Instruccions de redacció de l'inventari forestal). Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Centre de la Propietat Forestal.

**Concepción y redacción:** Jordi RIBA

**Creditos de las ilustraciones :**

Paginas 0, 11 et 15 : © J. Riba

**Edición :** Junio 2019

**Maquette :** Eduter-CNPR



## Más información?

Aquí están los socios de eforOwn que pueden  
informar, formar y apoyarles

Usted es propietario de un bosque

En Belgique



SRFB · KBBM

En Espagne



En France



Usted es un estudiante o un profesor

En Belgique



En Espagne



En France





