

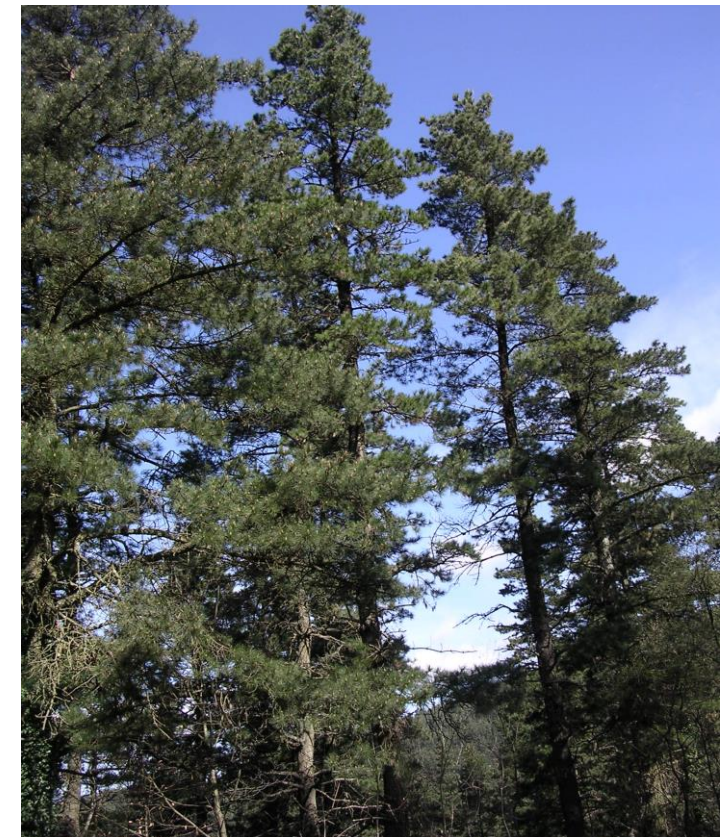
Tècniques d'inventari forestal per mostreig aleatori sistemàtic.



Objectiu: Conèixer la tècnica d'obtenció d'informació de la forest per una planificació sostenible.

Sommaire

1. Introducció.....	1
2. Estratificació. Divisió en rodals.....	1
2.1. Instruments i mètodes utilitzats.....	4
2.2. Criteris per la caracterització silvícola del rodal.....	5
3. Disseny de l'inventari forestal.....	6
3.1. Càlcul de la intensitat de mostreig.....	6
3.2. Situació de las parcel·les de mostreig.....	9
3.3. Característiques de las parcel·les de mostreig.....	10
3.4. Mesura de variables forestals. Instruments utilitzats.....	11
3.5. Exemple pràctic de disseny del mostreig per un inventari forestal.....	12
4. Validació del mostreig.....	15
4.1. Càlcul de l'error de mostreig.....	15
4.2. Exemple pràctic de validació del mostreig.....	16
5. Conclusió	19
6. Bibliografia	20



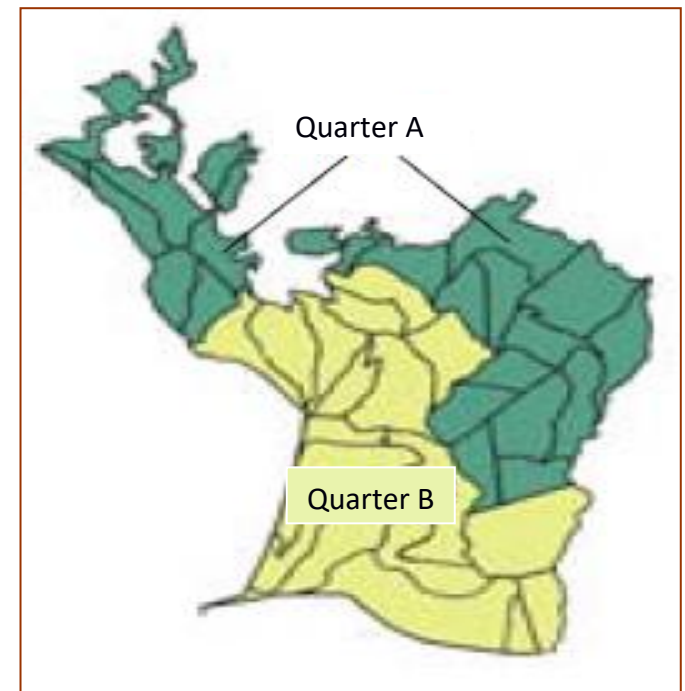
1. Introducció.

L' inventari forestal és el procediment d' obtenció i organització de la informació: descriptiva, quantitativa i qualitativa, d'una massa o àrea forestal. És la fase prèvia a qualsevol planificació. El coneixement de la situació actual de la massa forestal i de la seva possible evolució, capacitarà al gestor a l' hora de planificar les actuacions més adequades per arribar als objectius plantejats.

2. Estratificació. Divisió en rodals.

Degut a la gran variabilitat i diversitat de tipologies forestals que existeix es necessari, en una acció prèvia, realitzar una estratificació o divisió en unitats més petites i homogènies. Aquestes unitats ens facilitaran la caracterització de la massa forestal i el seu posterior tractament. A aquest procés se l' anomena "divisió dasocràtica" i ens permet definir les següents unitats:

- a) Quarters (unitats d'ordenació): son grans unitats de propietat. Bastant heterogènies. Son permanents i s' identifiquen amb lletres majúscules (A, B, C ...)
- b) Cantons: son unitats territorials més petites i més homogènies pel que fa a les característiques ecològiques y qualitat d' estació. Es caracteritzen por tenir límits fàcilment identificables. Són permanents i s' identifiquen amb números (1, 2, 3 ...)
- c) Rodals: són les unitats més homogènies en que es poden dividir els



Exemple de divisió en quarts (De González y Piqué 2001)

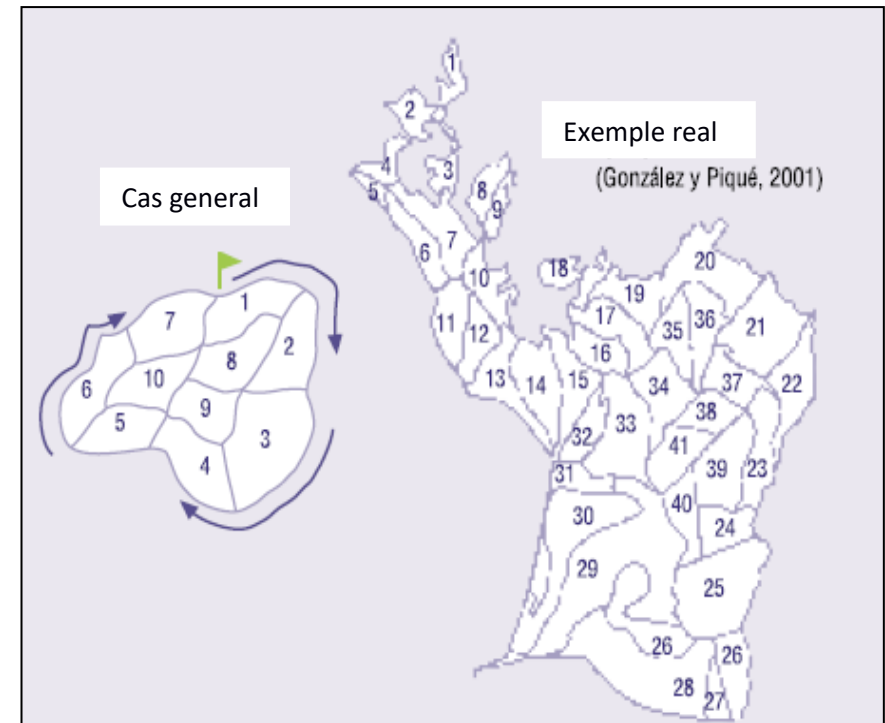
cantons. Son les unitats últimes d' inventari i gestió. Són temporals i perduren fins la pròxima revisió del pla tècnic que pot ser al cap de 5-10 anys en que es poden redefinir. S' identifiquen amb lletres minúscules (a, b, c ...).

A l'exemple de les figures es pot veure una divisió en quaters i cantons (*"Manual de ordenación por rodales". Autores: José M^a González, Miriam Piqué y Pau Vericat. Centre Tecnològic y Forestal de Catalunya.*)

Quarter A: (541 ha) format per cantons principalment arbrats situats las partes baixes del quarter (fins 1700 m de altitud) amb un ús principal de producció fusta i esbarjo.

Quarter B: (596 ha) format por cantons arbrats de les parts altes i pastures de l'estatge alpí.

En una fase posterior es caracteritzaran els rodals i es determinarà el tipus d' inventari que s'ha de realitzar. Per exemple: estimació pericial immediata o inventari dasomètric per mostreig.

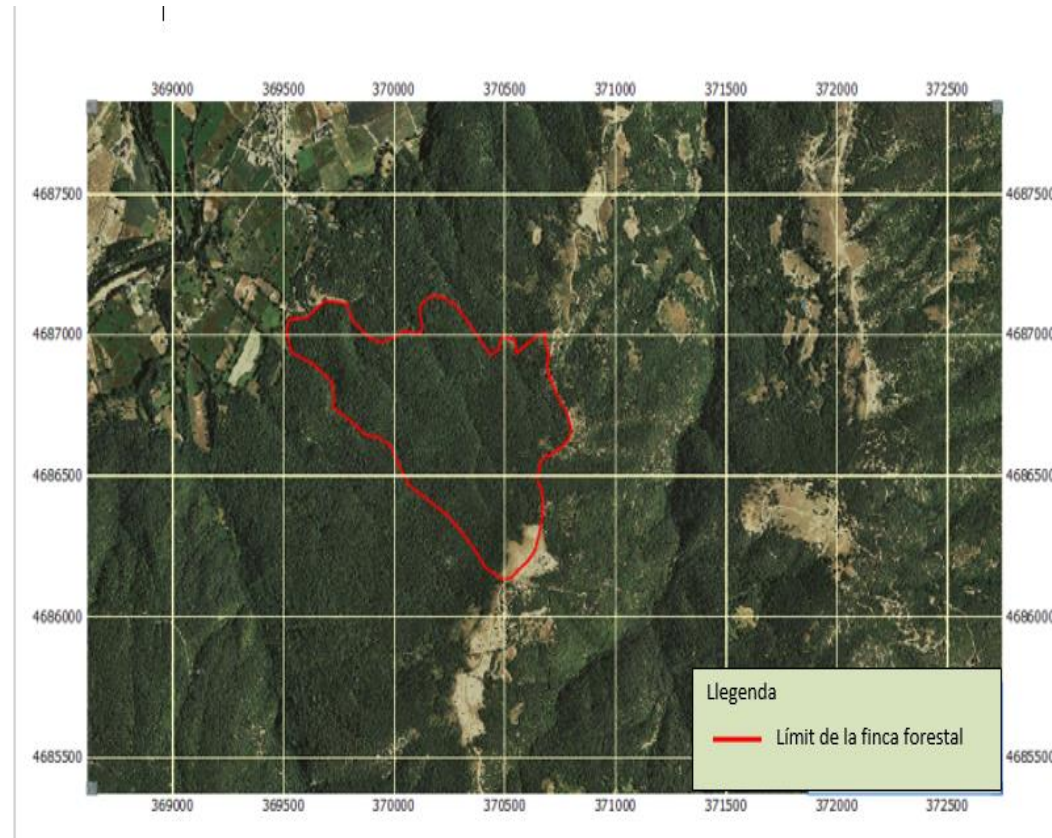


Ejemplo de división en cantons (De González y Piqué)

2.1 Instruments i mètodes utilitzats.

El primer pas consisteix en la utilització de la cartografia més adequada: ortofotomapa i mapa topogràfic a diferents escales, les més habituals són: 1:5000 o 1:10000. Sobre aquesta cartografia es dibuixaran els límits dels rodals que es vagin identificant. La utilització dels SIG (Sistemas d' Informació Geogràfica) o de diferents tipus de visors geogràfics són molt interessants per facilitar el treball. Existeix nombrosos organismes i entitats que faciliten aquesta informació cartogràfica que està disponible a internet. Per exemple:

- Institut Cartogràfic y Geològic de Catalunya (<http://www.icgc.cat/>).
- Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (<http://www.creaf.uab.es/mcsc/>).
- Institut National de l'Information Géographique et Forestière. (<http://www.geoportail.gouv.fr/>).
- Visor de cartografia catastra del Ministerio de Hacienda y Función Pública (<https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapaC.aspx>).
- Google Earth: ortofoto y topogràfic.

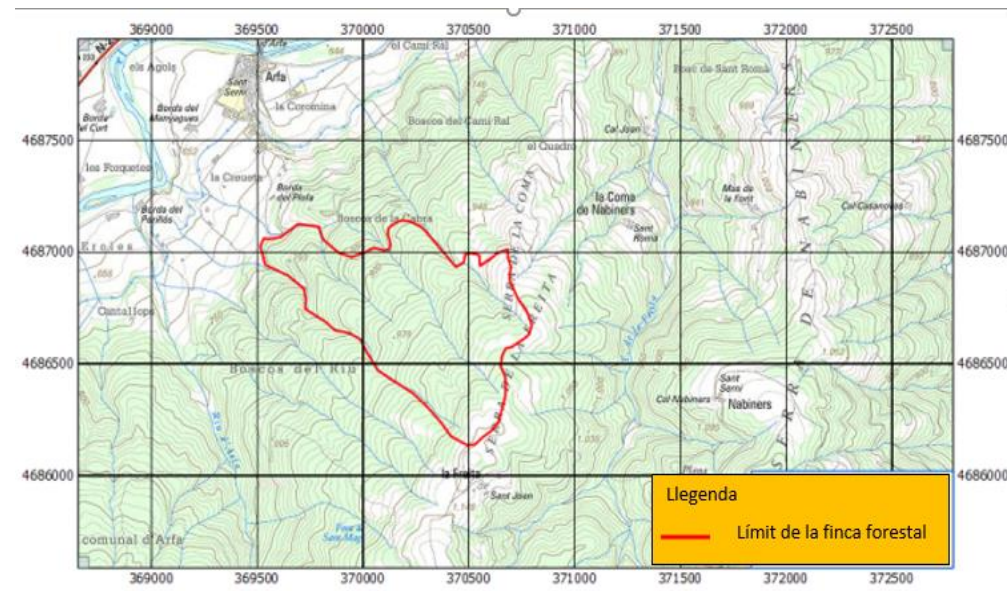


Exemple d'imatge per satèl·lit. Límits de la finca forestal

2.2. Criteris par la caracterització silvícola del rodal.

Amb l' ajuda de la cartografia es realitzarà un recorregut per la zona forestal i s'anirà delimitant i caracteritzant els diferents rodals. Es farà una descripció silvícola qualitativa. Els criteris utilitzats en aquesta descripció són els següents:

- Espècies arbòries: principal, secundàries i acompanyants.
- Tipus de mescles: peu a peu, a colps, bosquets o claps.
- Estructura de la massa: monostratificada, biestratificada i multiestratificada.
- Distribució per edat: coetània, regular, semiregular o irregular.
- Mètode de regeneració: bosc alt, mitjà o menut o baix.
- Classes naturals de edat: seminal, plançonada, perxada de vares, perxada de llates i fustal.
- Altres aspectes: edat, fracció de cabuda coberta, estat del regenerat, vitalitat de la massa, models de combustible i fauna.



Exemple de mapa topogràfic. Límits de la finca.



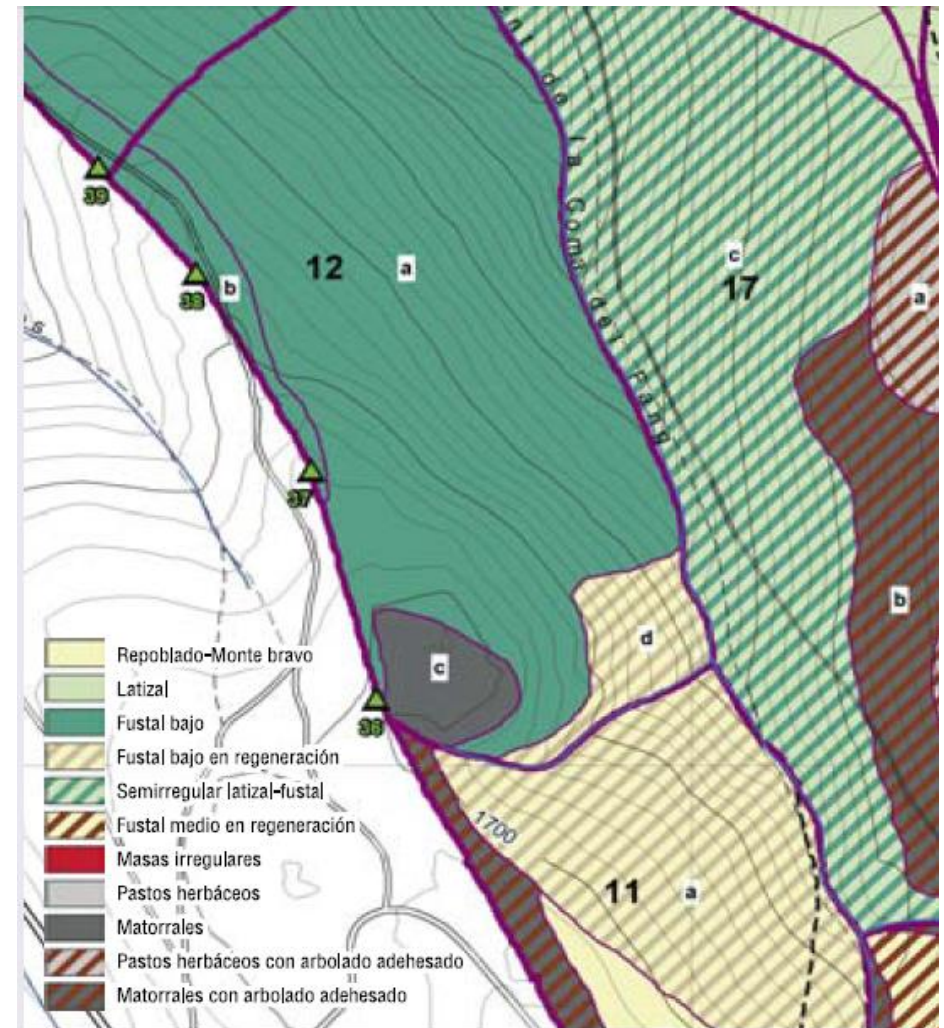
Tots aquests aspectes quedaran recollits en una fitxa (estadillo) en la que també pot adjuntar-s'hi una foto. A partir d'aquesta informació es confeccionarà el mapa de rodalització.

3. Disseny de l' inventari forestal.

El tipus d' inventari que es descriu, es l' inventari per mostreig sistemàtic. En el que la unitat de mostreig o parcel·la de mostreig es distribueix a l' espai seguint un patró determinat amb l'objectiu de cobrir uniformement tota la superfície. Las parcel·les coincideixen amb els vèrtex d' una malla que es superposa damunt el plànol de la forest.

3.1. Càlcul de la intensitat de mostreig.

La intensitat de mostreig es defineix com el número de parcel·les de mostreig que s'ha realitzar en un rodal. Aquest paràmetre depèn de la precisió que es vulgui assolir (error) i de la variabilitat o heterogeneïtat de la massa. Quan es vulgui una major precisió (menor error de mostreig), el número de mostres es major encara que també serà més costos l' inventari en temps i diners. Quan es tracti de rodals heterogenis, la intensitat de mostreig es més gran. La variable que utilitzarem per determinar aquesta variabilitat és l' àrea basimètrica. Pel càlcul del



Exemple de mapa de rodalització on s'identifiquen els diferents tipus de rodals

número de parcel·les de mostreig s'utilitza la següent expressió:

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

n = número de parcel·les de mostreig per rodal.

t = t de student (paràmetre estadístic). En inventari forestal t=2 per una probabilitat fiducial que acostuma a ser del 95%.

CV= coeficient de variació.

E = error relatiu màxim admissible (en funció de l'objectiu de gestió)

N = número de parcel·les de igual superfície que formen la població en el total de la superfície de mostreig.

El procediment pràctic per la determinació del número de parcel·les de mostreig d'un rodal es el següent:

- **Estimació del coeficient de variació (CV)** : Per això s'ha de realitzar un mostreig pilot. Aquest es farà seguint una diagonal sobre el rodal. Es mesurarà l'àrea basimètrica en diferents punts. Per estimar aquesta variable podem utilitzar el mètode del comptatge angular amb el relascopi de cadena o relascopi de Bitterlich. També aplicacions per a smartphone (ej. MOTI).
- **Establir un error màxim** en funció de l'objectiu de l'inventari i tipologia de massa. Per això es poden utilitzar les orientacions de la taula de la pàgina següent.

Exemple d'error màxim tolerat en funció de l'objectiu i del tipus de massa forestal:

Tipus de massa	Objectiu de l'inventari	Tipologia d'inventari i error màxim
Masses adultes en procés de regeneració o últimes aclarides.	Màxima fiabilitat	Mostreig amb un error màxim de: <ul style="list-style-type: none"> • 10 % de G en superfícies de rodals ≥ 30 ha • 20 % de G en rodals < 30 ha.
Masses adultes amb objectiu de producció de llenya.	Estimació del volum de llenyes	Estimació dels paràmetres mitjançant parcel·les de mostreig. Sense error màxim.
Masses susceptibles d'aclarides comercials. Estructura regular.	Determinació de tractaments silvícoles i obtenció de productes intermedis.	Mostreig amb un error màxim de: <ul style="list-style-type: none"> • 25 % de G en superfícies < 30 ha. • 15 % de G en superfícies ≥ 30 ha . <p>S' admet un error superior al 25 % si els productes tenen un valor comercial baix.</p>
Masses joves susceptibles d'aclarides no comercials o repoblacions forestals molt joves.	Determinació de tractaments silvícoles.	Mostreig sense error màxim

També podem utilitzar la següent taula on CV és el coeficient de variació de la massa i E és l'error relatiu màxim admissible:

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

Podem observar la relació entre variables. A major CV (heterogeneïtat de la massa forestal) més intensitat de mostreig per un mateix error. Si volem més precisió (menys error) també augmentarà la intensitat de mostreig.

*Determinació del número de parcel·les de mostreig en funció del CV
i de l'error màxim admissible*

3.2. Situació de las parcel·les de mostreig.

El replanteig de las parcel·les de mostreig consisteix en situar sobre el terreny aquestes parcel·les. Es basa en definir las coordenades geogràfiques del centre de cadascuna. El mostreig que es descriu a continuació és l'aleatori sistemàtic que utilitza una malla quadrada regular. El procediment és el següent:

- Càlcul de la distància entre parcel·les de mostreig (a):

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

a= distància entre parcel·les de mostreig.
S= superfície del rodal.
n= número de parcel·les de mostreig.

- Escollir aleatòriament un punt sobre el mapa de coordenades geogràfiques conegudes. Situar sobre aquest punt un vèrtex de la malla (punt de referencia).
- Calcular les coordenades dels vèrtex de la malla situats dins del rodal a partir del punt de referencia. Les coordenades d'aquests punts seran el centre de las parcel·les de mostreig. Aquest procediment es pot realitzar automàticament gràcies als SIG.

3.3. Característiques de las parcel·les de mostreig.

Las parcel·les de mostreig seran circulars per evitar direccions privilegiades. Les dimensions dependran de la heterogeneïtat y densitat de la massa. En rodals molt densos reduirem el radi de la parcel·la. En rodals heterogenis interessa reduir el radi i augmentar el número de parcel·les per captar millor la variabilitat. El número de peus majors ($D_n > 7,5$ cm.) que seria ideal mesurar en cada parcel·la està entre 15 i 25

aproximadament. La superfície de la parcel·la es corregirà en funció del pendent del terreny de la següent forma:

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

S_{pm} = Superfície de la parcel·la de mostreig.

R = Radi de la parcel·la.

α = angle del pendent del terreny.

3.4. Mesura de les variables forestals. Instruments de mesura.

Per cada espècie present dins la parcel·la de mostreig es mesuraran les següents variables:

- **Diàmetre normal (Dn)** de tots els peus majors o iguals a 7,5 cm de diàmetre. Utilitzarem una cinta diamètrica o una forcípula. El diàmetre normal és el que es situa a 1,3 m del sòl (1,5 a Bèlgica). Els peus es classificaran en classes diamètriques.
- **Alçària (H)** dels arbres tipus. Els instruments que s'utilitzaran són un clinòmetre o un hipsòmetre.
- **Creixement** o longitud en mm dels 10 últims anells. S'extraurà una mostra amb la barrina de Pressler dels arbres tipus.
- **Edat** o número total d'anells de creixement. També es mesura amb la barrina de Pressler sobre els arbres



Definició d'arbre tipus :
És un arbre representatiu de la parcel·la de mostreig. Normalment s'escull un arbre de cada classe diamètrica pròxim al centre de la classe. Com a mínim s'han de mesurar quatre o cinc arbres tipus en cada parcel·la.

tipus.

- **Gruix d'escorça** dels arbres tipus amb un calibrador d'escorça.

3.5. Exemple pràctic de disseny del mostreig per un inventari forestal.

Es considera el següent cas:

Espècie : *Quercus robur* L

Situació : Région de Bourgogne (Département de Saône-et-Loire)

Edat : 70 anys Fustal madur d'estructura regular.

Superfície del rodal : 56,5 ha

Objectiu de gestió : Producció de fusta de qualitat (gestió sostenible)

Característiques de les parcel·les de mostreig : circulars. Radi=15

- Càlcul de l'intensitat de mostreig:

Apliquem la fórmula del punt 3.1 considerant un CV= 20 % i un error màxim admissible del 15 % (veure taula "massa susceptible d'aclarides comercials amb una superfície major de 30 ha).



Quercus robur

Càlculs:

$$N = \frac{565000}{706,8} \approx 799$$

$$n = \frac{4 \times 0,2^2}{0,15^2 + \frac{4 \times 0,2^2}{799}} \approx 7$$

$$I_m = \frac{7}{799} \approx 0,01$$

(I_m = Intensitat de mostreig)

El número de parcel·les de mostreig és de **7**.



El coeficient de variació s'estima mitjançant un mostreig pilot mesurant l'àrea basimètrica. Podem utilitzar un relascopi de cadena. Es pot també suposar (hipòtesi) en base a l'experiència del tècnic.

➤ Situació de las parcel·les de mostreig:

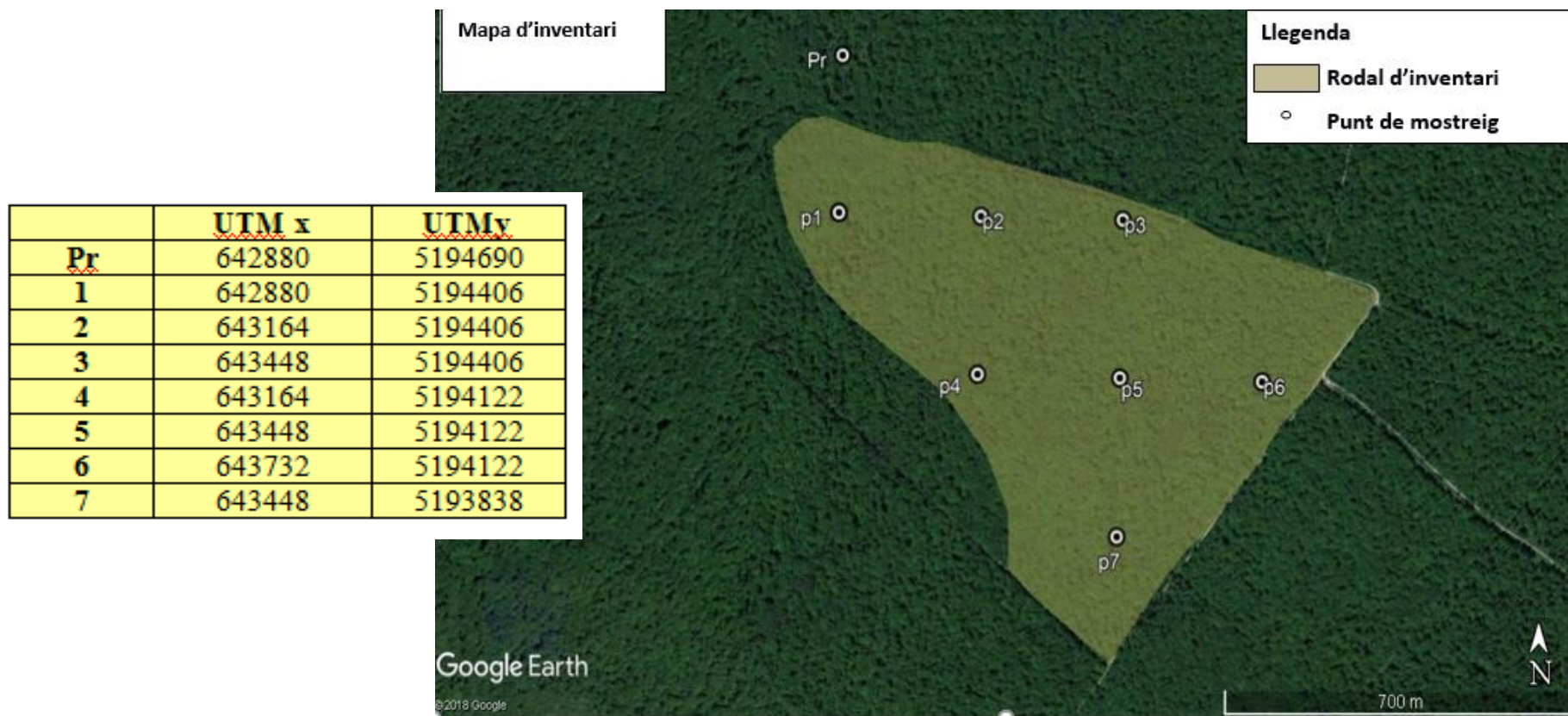
Per situar las parcel·les de mostreig es considera una distribució sistemàtica sobre una malla regular. Es determina un punt de referencia aleatori. En aquest exemple las coordenades d'aquest punt son:

Pr: UTMx: 642880 mE, UTM y: 5194690 mN, (31T).

Càlcul de la distancia entre parcel·les de mostreig. Utilitzem la fórmula del punt 3.2:

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

Les coordenades geogràfiques dels punts de mostreig són las que s' indiquen en la següent figura:



Mapa d' inventari situació de las parcel·les de mostreig. Coordenades cartesianes

4. Validació del mostreig.

En cada parcel·la de mostreig es mesuraran les variables descrites al punt 3.4. Un pas previ al càlcul dels diferents paràmetres silvícoles (caracterització quantitativa de la massa forestal) serà comprovar l'error de mostreig. Si aquest és inferior al màxim admissible, el mostreig serà vàlid i es procedirà a calcular tots els paràmetres silvícoles. En cas contrari s'haurà d'augmentar la intensitat de mostreig o redefinir la rodalització (estratificació).

6.1. Càlcul de l'error de mostreig.

Per calcular l'error de mostreig utilitzarem l'àrea basimètrica o àrea basal (G) que és la variable que millor s'ajusta perquè es determina directament de la mesura dels diàmetres normals (Dn).

L'expressió matemàtica que ens permet el càlcul és:

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

$$CV = \frac{S}{x} 100$$

n = número de parcel·les de mostreig del rodal.

t = t de student (paràmetre estadístic). En inventari forestal t=2 per una probabilitat fiducial que acostuma a ser del 95%.

CV= coeficient de variació.

E = error relatiu màxim admissible (en funció de l'objectiu de gestió).

N = número de parcel·les d' igual superfície que forma la població en el total de la superfície de mostreig.

S= desviació estàndard de la mostra.

—

x = mitjana de la mostra d' inventari.

6.2. Exemple pràctic de validació del mostreig.

Es considera el següent cas:

Espècie : *Pinus sylvestris*

Situació : C. A. Catalunya (zona de Prepirineu)

Edat : 50 anys. Fustal, estructura regular.

Qualitat d'estació mitjana: *model Ps 08 « models de gestió per als boscos de pi roig. Centre de la Propietat Forestal »*. Baix risc d'incendi

Objectiu de gestió : producció de fusta de bona qualitat (gestió sostenible)



Pinus sylvestris (massa regular)

Les dades del mostreig són les següents:

Error màxim admissible: 15% (veure taula pag. 8)

Valors del mostreig :

n =6, àrea basimètrica (m²/ha) : 42 – 35,4 – 40,5 – 47,2 – 41 – 46,3

Característiques de les parcel·les de mostreig :

Circulars / radi = 10m (adaptat a la densitat de la població) / superfície = 314,16 m²

El primer pas consisteix en calcular la mitjana i la desviació estàndard de la mostra i posteriorment es calcularà l'error de mostreig.

Mitjana de la mostra d' inventari: $\bar{x} = 42,02 \text{ m}^2/\text{ha}$. Desviació estàndard de la mostra: $S = 4,29 \text{ m}^2/\text{ha}$

n = 6 t =2.

càlcul del coeficient de variació del mostreig: $CV = \frac{4,29}{42,02} \times 100 = 10,20\%$

Càlcul del número de parcel·les d' igual superfície que forma la població en el total de la superfície de mostreig:

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

Càlcul de l'error:

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

L' error de mostreig es de **8,3 %** inferior a l'error màxim admissible (15 %) per tant es considera vàlid el mostreig. El tècnic podrà procedir al càlcul dels diferents paràmetres forestals (diàmetre mitjà quadràtic, altura mitjana, àrea basimètrica, creixement ...) que possibiliten la gestió d'aquesta massa forestal.

5. Conclusió.

Dins el maneig forestal sostenible, es imprescindible la realització d'un inventari forestal que ens permeti caracteritzar i aplicar les tècniques silvícoles més apropiades.

El mostreig sistemàtic és el més adequat ja que permet captar la variabilitat de la massa d'una forma millor i disminuir errors.

El tècnic forestal ha de treballar amb un grau de fiabilitat adequat de acord amb l'objectiu de gestió per optimitzar 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.

Concepció i redacció: Jordi RIBA TORRUELLA

Crèdits de les il·lustracions :

Pàgines 0, 12 et 16 : © J. Riba

Edició : Juny 2019

Maquette : Eduter-CNPR

Més informació?



Aquí estan els socis de eforOwn que poden

informar, formar i ajudar-los.

Vostè és propietari d' un bosc

En Belgique



En Espagne



En France



Vostè és un estudiant o un professor

En Belgique



En Espagne



En France



Tècniques d' inventari forestal per mostreig aleatori sistemàtic